

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

**Vliv čistoty provozních a technologických
kapalin na provoz stroje**

**How the purity of operational and
technological liquids influences machinery
operation**

Student:

Petr Viktorin

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Blata, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student:

Petr Viktorin

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R023 Technická diagnostika, opravy a udržování

Téma:

Vliv čistoty provozních a technologických kapalin na provoz stroje
How the Purity of Operational and Technological Liquids Influences
Machinery Operation

Zásady pro vypracování:

Čistota provozních kapalin má výrazný vliv na provoz stroje, což je výrazným faktorem ovlivňujícím provozní spolehlivost. Zabývejte se proto aplikací tribodiagnostických metod v sériové výrobě automobilových dílů v prostorách firmy ČESKÁ ZBROJOVKA a.s.. Proved'te patřičné odběry technologických kapalin, proved'te jejich analýzu. Proved'te potřebné zhodnocení měření a proved'te výsledná doporučení.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Ideově technický návrh řešení dané problematiky.
3. Zpracujte aplikaci na daný objekt.
4. Proved'te konkrétní vyhodnocení.

Podrobnější specifikaci zadání nebo jeho úpravy provede vedoucí práce nebo firma
ČESKÁ ZBROJOVKA a.s.

Seznam doporučené odborné literatury:

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: *Technická měření*. ČVUT v Praze 2003, 212 s., ISBN 80-01-02138-6

KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.

ŠAFR, E. *Tribotechnika*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984. 300 s. 04-243-84

ŠAFR, E. *Technika mazání*. 2. dopl. vydání, SNTL Praha - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1970. 381 s. ISBN 04-010-70

HELEBRANT, F., ZIEGLER, J., MARASOVÁ, D. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika*. 1. vydání, Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s. ISBN 80-7078-883-6.

HRADECKÝ, F., VLK, M. *Tribotechnika*. 1. vydání, Praha : SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1984. 297 s.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 48 s.

ČSN 20 0065 *Metody měření a hodnocení mechanického kmitání-Mezní hodnoty kmitání*. Praha: Český normalizační institut, červen 1992. 16 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Blata, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Petr Viktorin

Adresa trvalého pobytu autora práce: Uherský Brod 3, Pod Rubanisky 125, 68734

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VIKTORIN, P. *Vliv čistoty provozních a technologických kapalin na provoz stroje*. 2015. 59 s. Bakalářská práce na Fakultě strojní VŠB-Technické univerzity Ostrava na katedře výrobních strojů a konstruování. Vedoucí práce Ing. Blata, J., Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá aplikací tribodiagnostických (TD) metod při zjišťování vlivu čistoty provozních a technologických kapalin na provoz stroje. Cílem práce bylo zhodnocení stavu reálného hydraulického a řezného systému a postupu degradace provozní kapaliny. Teoretická část podává ve stručnosti obecnou problematiku tribologie mazacích soustav, definuje opotřebení třecích ploch a poskytuje přehled používaných maziv. Praktická část je zaměřena na konkrétní aplikaci TD metod na taktové obráběcí centrum HYDROMAT HB 45/12 používané při výrobě automobilových dílů. Provozní kapaliny daného zařízení byly analyzovány a z laboratorních výsledků s následným hodnocením měření byla vybrána vhodná doporučení pro ještě racionálnější využití zmíněného obráběcího centra.

Klíčová slova: Tribodiagnostika, tribologie, tribotechnika, hydraulický systém.

ANNOTATION OF BACHELORY THESIS

VIKTORIN, P. *How the purity of operational and technological liquids influences machinery*. 2015. 59 p. The bachelor thesis of Faculty mechanical engineering VŠB-Technical university of Ostrava of department production machines and design. Supervised by Ing. Blata, J., Ph.D.

The bachelor thesis is focused on the application of tribodiagnostic TD methods when determining the influence of the purity of operational and technical liquids on machinery. The aim of this thesis is to assess the status of the real hydraulic and cutting system, and the process of the degradation of operating liquid. The theoretical part is showing general problems of tribology lubricating systems, defines the wear of the friction surfaces and provides an overview of the used lubricants. The practical part is focused on the application of TD methods on HYDROMAT HB 45/12 used in the manufacture of automotive parts. Based on the analysis of operating liquids of the device through laboratory results with subsequent evaluation of measurements, appropriate recommendations were selected for more rational usage of the machinery.

Key words: Tribodiagnosics, tribology, tribotechnics, the hydraulic system.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A INDEXŮ	- 9 -
ÚVOD	- 10 -
1. Informace o společnosti česká zbrojovka a.s.	- 11 -
1.1 Výrobní činnost ČZUB	- 11 -
1.2 Historie a proměna podniku	- 12 -
2. Tribologie a tribotechnika	- 13 -
2.1 Definice tribologie a tribotechniky	- 13 -
2.2 Tření, třecí procesy	- 14 -
2.2.1 Rozdělení tření	- 14 -
3. Opotřebení	- 18 -
3.1 Druhy opotřebení	- 19 -
3.1.1 Adhezivní opotřebení (obr. 11)	- 19 -
3.1.2 Abrazivní opotřebení (obr. 12)	- 20 -
3.1.3 Erozivní opotřebení (obr. 13)	- 20 -
3.1.4 Únava materiálu (obr. 14)	- 21 -
3.1.5 Plastický tok	- 21 -
3.1.6 Kavitační opotřebení (obr. 15)	- 22 -
3.1.7 Korozní opotřebení	- 22 -
3.1.8 Zlom	- 22 -
4. Mazání	- 23 -
4.1 Význam mazání	- 23 -

4.2	Rozdělení maziv	- 24 -
4.3	Zušlechťující přísady	- 26 -
4.4	Mazací soustavy a zařízení	- 28 -
4.4.1	Krátkodobé mazací olejové soustavy	- 29 -
4.4.2	Dlouhodobé mazací olejové soustavy	- 30 -
5.	Taktové obráběcí centrum HYDROMAT HB 45/12	- 32 -
5.1	Automotive - díly pro automobilový průmysl	- 32 -
5.2	Základní popis stroje HYDROMAT HB 45/12	- 33 -
5.3	Hydraulické zapojení	- 35 -
5.4	Chladicí kapaliny a hydraulické oleje, použité ve stroji HYDROMAT	- 37 -
5.5	Mazací plán	- 38 -
6.	Tribodiagnostické zkoušky – rozbor olejové náplně	- 41 -
6.1	Odběr vzorku	- 41 -
6.2	Analýza olejů – rozbor olejů v diagnostické laboratoři	- 43 -
7.	Výsledky rozboru olejové náplně a následné vyhodnocení	- 50 -
7.1	Výsledná doporučení	- 55 -
8.	Závěr	- 56 -
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	- 58 -
	SEZNAM PŘÍLOH	- 59 -

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A INDEXŮ

Označení	Název	Jednotky
E	Modul pružnosti v tahu	[Pa]
a.s.	Akciová společnost	
obr.	Obrázek	
tab.	Tabulka	
např.	Například	
č.	Číslo	
apod.	A podobně	
atd.	A tak dále	
tzn.	To znamená	
tzv.	Takzvaný	
TBN	Total Base Number	
TAN	Total Acid Number	
KOH	Hydroxid draselný	
EHC CZUB	European Holding Company Czech Republic Uherský Brod	
CNC	Computer Numeric Control	
SBU	Strategic Business Units	
ISO	International Organization for Standardization	
ČSN	Česká technická norma	
VHJ	Výrobní hospodářská jednotka	
DIN	Deutsche Industrie-Norm	
APS	Advanced planning and scheduling	

ÚVOD

V dnešní době musí být výroba plně automatická. Pokud kritická část stroje selže, dojde k neplánované odstávce stroje i výrobní linky. Znamená to velkou finanční ztrátu pro celý výrobní závod. Proto je třeba klást velký důraz na prevenci. Oprava již vzniklé poruchy je mnohonásobně nákladnější. Jen spolehlivě pracující stroj je přínosem pro celou firmu. Důležité je stanovit riziková místa opotřebení a to ještě před vznikem poruchy. Analýza maziva poskytuje informace o stavu a opotřebení stroje a taky samotného maziva. Mazání je důležitou součástí všech strojních zařízení, kde dochází ke vzájemnému dotyku povrchů prvků obsažených v tribologickém uzlu, kde dále konají pohyb. Významný vliv na provozní spolehlivost stroje má rovněž čistota technologických kapalin.

V bakalářské práci se proto budu zabývat vlivem čistoty a kvality mazacích olejů na provoz stroje *HYDROMAT*. Stroj je určen pro sériovou výrobu automobilových dílů ve firmě ČESKÁ ZBROJOVKA a.s. v Uherském Brodě.

Česká zbrojovka a.s. je významným podnikem působícím v oborech přesného strojírenství. Specializuje se na výrobu zbraní pro armádu a policii, jakož i pro lovecké a sportovní účely. V současné době je také předním dodavatelem jednotlivých dílů i celých sestav pro letecký a automobilový průmysl. Zabývá se i výrobou speciálního nářadí pro strojírenskou výrobu. Firma byla založena roku 1936 v Uherském Brodě jako poboční závod České zbrojovky a.s. Strakonice. Od roku 1992 působí jako akciová společnost.

Ve spolupráci s firmou jsem provedl patřičné odběry řezných a hydraulických olejů a tyto jsem následně analyzoval v tribodiagnostické laboratoři Vysoké školy báňské. Na základě informací o znečištění olejů jsem stanovil výsledná doporučení.

1. Informace o společnosti česká zbrojovka a.s.

Česká zbrojovka a.s (označovaná také jako ČZUB) patří k největším českým zbrojařským firmám. Vyrábí zbraně pro ozbrojené složky armády a policie, ale i pro sportovní a lovecké účely. ČZUB se kromě výroby zbraní angažuje i v jiných oblastech přesného strojírenství. Zabývá se například výrobou součástek pro automobilové a letecké podniky. Součástí výrobního programu je i výroba speciálního nářadí. Mateřský závod v Uherském Brodě a pobočky v Brně a v Polsku (plánuje se i zřízení pobočného závodu na Slovensku) zaměstnávají přibližně 1600 pracovníků, roční tržby společnosti dosahují sumy kolem 2 mld. korun, jejím většinovým vlastníkem je nyní EHC CZUB SE. [6]



obr. 1 – Panoramatická fotografie závodu v Uherském Brodě [9]

1.1 Výrobní činnost ČZUB

Výroba pro automobilové podniky zahrnuje činnosti jako obrábění a lisování některých součástí automobilů (zajištěno certifikáty), pro letecké závody pak výrobu převodovek motorů a ozubených kol. Dále dodává strojařským firmám řezné nástroje, měřidla a upínací přípravky. V ČZUB se používají výrobní postupy jako černění fosfátování, chromování, niklování a lakování. Z teplených zpracování provádí kalení, cementování, žíhání a tryskání.

Mezi povrchové úpravy, které jsou v závodě zajišťovány, patří černění, fosfátování, chromování, niklování a lakování. Z teplených zpracování provádí kalení, cementování, žíhání a tryskání.

Závod vyrábí celou škálu produktů od kusové, sériové, až po hromadnou výrobu. Přijímá zakázky se speciálními požadavky (zbraně se zlacením i jinými technologickými prvky), kdy výsledný produkt prochází jistým vývojem. I v takových případech zachovává firma normy standardní zbrojařské výroby. Pro automobilový průmysl se specializuje na výrobu hliníkových součástek do brzd. Firma pomocí nasazení APS plánování získala přehled o kapacitním využívání linek a predikci výchozího materiálu. Sériová výroba se řídí prognózami, které jsou v souladu s obchodem a logistikou. Denně se zpracovávají všechny požadavky a dodávky jsou pak aktualizovány APS plánem. Pomocí metody “Just in time“ jsou výchozí materiály a díly k dispozici výrobě ve správný čas. Taktéž dílenský rozvrh prací musí být přesný a klade se na něj odpovídající důraz. [7]

1.2 Historie a proměna podniku

Firma Česká zbrojovka a.s. jak ji známe dnes byla založena dne 1.5.1992. Její historie sahá až do roku 1936, kdy bylo rozhodnuto o výstavbě pobočního závodu České zbrojovky a.s. Strakonice.

Výstavbu nové továrny schválila městská rada v Uherském Brodě na svém zasedání dne 22. července 1936 a již 2.1.1937 byla v ní zahájena výroba. Stala se součástí České zbrojovky Strakonice. Postupně vystupovala pod jménem Přesné strojírenství (1950), dále jako Závod říjnové revoluce a opět jako Přesné strojírenství (VHJ Zbrojovka a později Agrozet Brno). V roce 1988 se podnik vrátil k původnímu názvu Česká zbrojovka. Akciovou společností se stala v roce 1992.

Česká zbrojovka a.s. pokračuje ve výrobě ručních palných zbraní. Původně byl podnik zaměřen jen na výrobu ručních vojenských zbraní, později se výroba zbraní rozšířila i pro civilní potřeby (sportovní a lovecké zbraně).

Závod v Uherském Brodě již několik let zvyšuje svou produkci. Rozšiřuje výrobní sortiment ručních zbraní, vznikají stále nové modely a jejich modifikace. V současné době je jedním z největších světových výrobců ručních zbraní. Důkazem je vývoz produkce do přibližně 100 zemí světa a neustále rostoucí tržba. Úměrně tomu se zvyšuje počet zaměstnanců, kteří v České zbrojovce a.s. nalézají dobré uplatnění v pozitivním firemním klimatu, včetně výhodných mzdových podmínek. [8]

2. Tribologie a tribotechnika

2.1 Definice tribologie a tribotechniky

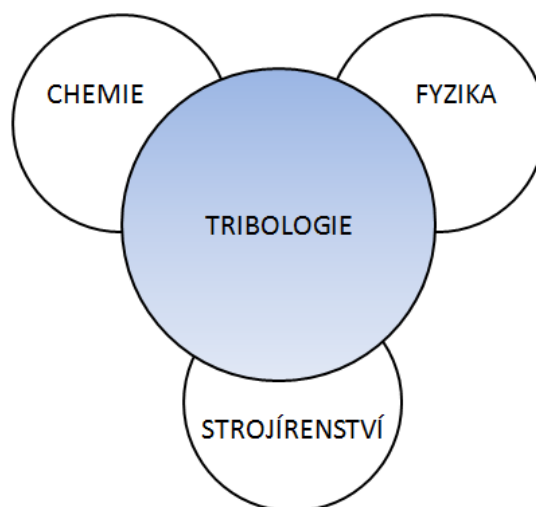
- **Tribologie**

je nauka zabývající se chováním (interakcí) vzájemně se dotýkajících povrchů včetně pokusů o vzájemný pohyb. Vzniká tak pohyb kluzný, valivý, rotační, kmitavý nebo nárazový. Současně mohou působit dva i více různých pohybů. [1]

- **Tribotechnika**

je vědní obor, který zkoumá aplikace tribologických zásad na konstrukci strojů a strojních zařízení. Souvislost tribologie se základními vědními obory je zřejmá z diagramu (obr.2). [2]

- **Tribofyzika** – zaměřuje se na fyzikální aspekty dotýkajících se povrchů při jejich pokusu o vzájemný pohyb.
- **Tribochemie** – posuzuje chemické působení dotýkajících se povrchů s chemickým aktivním médiem.
- **Tribomechanika** – zabývá se mechanikou vzájemného působení dotýkajících se povrchů při tření.



obr. 2 - Souvislost tribologie se základními vědními obory [2]

2.2 Tření, třecí procesy

Mazání má nepostradatelnou souvislost se třením. V mnoha případech je tření nezbytné pro přenos síly a umožnění pohybu např. pneumatik vozidel s vozovkou, řemenové a lanové převody, třecí spojky. Stejně tak se jeví užitečným tření při používání brzdy, šroubů a matic. Naopak v případech, v nichž se tření nevyužívá k přenosu síly nebo k zamezení pohybu, je tření nežádoucí a je důležité ho omezit na co nejmenší míru. Tímto problémem se zabývá technika mazání. [3]

Tření je přírodním jevem, který má charakter procesu a je vázáno ke vzájemnému relativnímu pohybu dvou stýkajících se prvků tribologického systému.

Podle své **definice** je tření „odpor proti relativnímu pohybu vznikající mezi dvěma k sobě přitlačovanými tělesy v oblasti dotyku jejich povrchů v tangenciálním směru.“ [3]

2.2.1 Rozdělení tření

Podle místa vzniku:

- a) **Vnější tření** - vzniká při dotyku dvou třecích ploch.
- b) **Vnitřní tření** - dochází k němu v materiálových vrstvách stejného třecího tělesa,
 - v tekutinách vzniká interakcí pohybujících se částic s tekutinou,
 - tekutina s vyšší viskozitou teče pomaleji.

Podle stavu (skupenství):

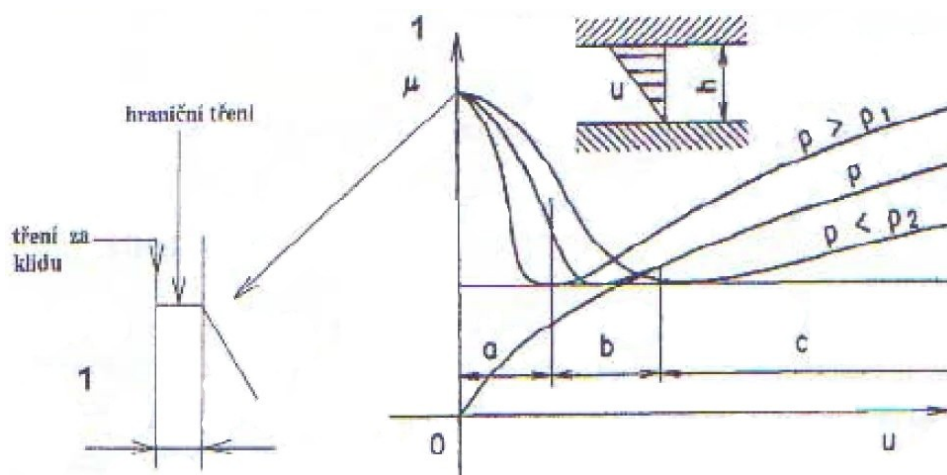
- a) **Tření pevných těles:**

Třecí tělesa jsou pevného skupenství. Příčinou tření je tzv. interakce povrchů:

- oboustranné zachytávání se mikronerovností,
- pružné deformace mikronerovností,
- plastické deformace mikronerovností,
- adheze mezi mikronerovnostmi povrchů těles.

b) Kapalinové tření:

Mezi třecími tělesy se nachází vrstva materiálu mající vlastnosti kapaliny. V ní probíhá třecí proces, který charakterizuje součinitel tření (μ). Jeho velikost je závislá na dynamické viskozitě (η) a tlaku (p) maziva. Průběh této funkční závislosti vyjadřuje Stribeckova křivka (obr.3). Rozlišujeme třecí vrstvy hydrostatické a hydrodynamické.



obr. 3 – Charakteristický průběh Stribeckovy křivky [2]

$$u = \frac{v \cdot \eta}{p}$$

u – rychlost ovlivněna viskozitou a tlakem v mazivu, v – rychlost,

η – dynamická viskozita maziva, p – tlak v mazivu

μ – součinitel tření

p – Stribeckova křivka

$p > p_1$ – pokles tlaku

$p < p_2$ – zvýšení tlaku

a – oblast tření pevných těles (suché tření) $\mu > 0,1$

b – oblast smíšeného tření $\mu = 0,1$ až $0,005$

c – oblast kapalinového tření (hydrodynamické) $\mu > 0,005$

h – tloušťka mazacího filmu

c) Plynové tření:

Plynové tření je obdobou kapalinového tření s tím rozdílem, že třecí vrstva je tvořena plynem. Využívá se pro vysoké teploty (300 °C a více) a vysoké obvodové rychlosti (10 000 - 600 000 min⁻¹). Obdobně jako u kapalinové vrstvy se rozlišuje tření aerostatické a aerodynamické.

d) Smíšené tření:

Je to speciální případ kapalinového tření, kdy se ztenčí mazací vrstva natolik, že dochází k vzájemnému dotyku nerovností povrchu třecích ploch. Následující úbytek mazací vrstvy vede k limitnímu stavu a nastává mezní tření.

Podle míry pohybu:

- a) **Tření klidové (statické)** - vzniká mezi tělesy, které vůči sobě nekonají pohyb.
- b) **Tření pohybové (kinetické)** - vzniká mezi tělesy, které jsou navzájem v pohybu (kluzném, valivém nebo rotačním).
- c) **Tření nárazové (vibrační)** - vzniká při nárazu tělesa na podložku nebo těleso vykonává po podložce vibrační (oscilační) pohyb.

Podle způsobu pohybu:

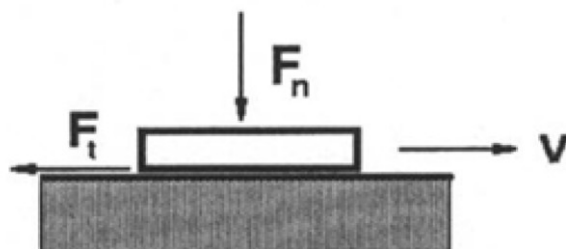
a) Kluzné tření:

Tření, které vzniká mezi třecími tělesy, při jejich vzájemném posuvném pohybu (obr.4). Vyhodnocuje se jako součinitel tření (bezrozměrná veličina).

$$\mu = \frac{F_t}{F_n}$$

F_t - tangenciální síla

F_n - normálová zatěžovací síla

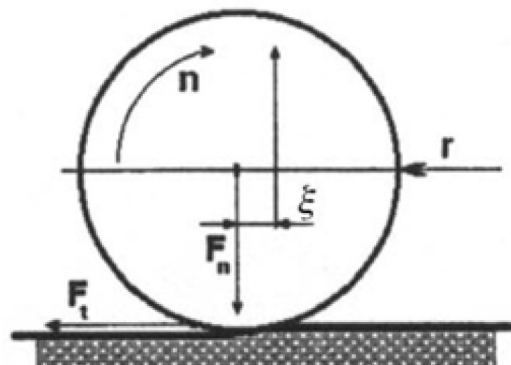


obr. 4 – Smykové tření [10]

b) **Valivé tření:**

Vzniká při rotujícím pohybu třecího tělesa po podložce a jeho současným posunem rovnoběžně s podložkou. Valivé tření vzniká v malých prokluzech ve směru nebo proti směru odvalování. Třecí síla je nižší než u kluzného tření ($1/10 \div 1/20$ hodnoty). [3]

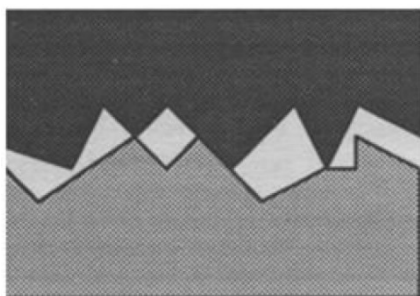
$$F_t = \xi \cdot \frac{F_n}{r}$$



obr. 5 – Valivé tření [10]

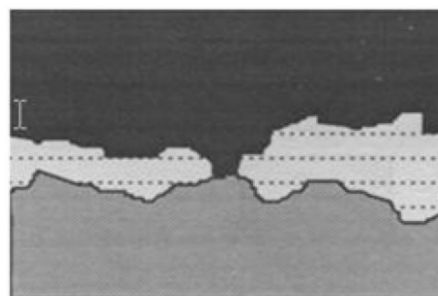
Podle míry oddělení třecích povrchů:

a) **suché tření**



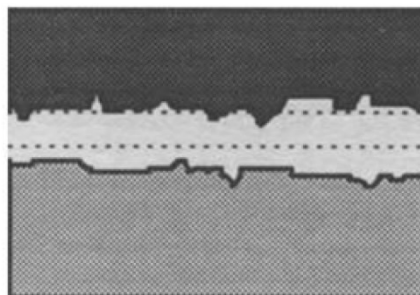
obr. 6 – Suché tření [10]

c) **smíšené tření**



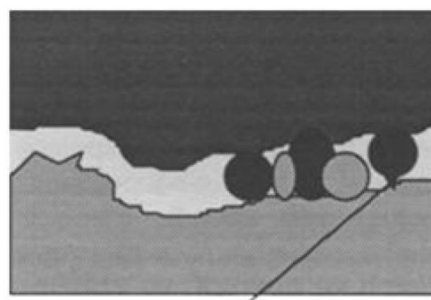
obr. 8 – Smíšené tření [10]

b) **kapalinné tření**



obr. 7 – Kapalinné tření [10]

d) **mezné tření**



obr. 9 – Mezné tření [10]

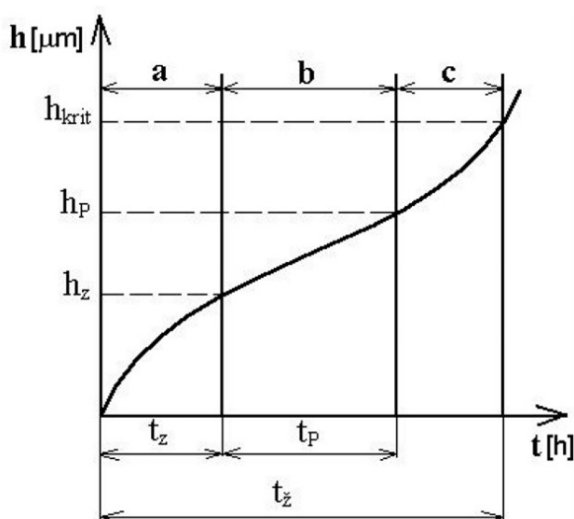
3. Opotřebení

Opotřebení je následek tribologického procesu, který probíhá v tribologickém systému. Vzniká při vzájemném pohybu povrchů nebo při pohybu média a jeho nutným důsledkem je trvalý úbytek materiálu z povrchů. [2]

Opotřebení se projevuje dvěma způsoby:

- změnou velikosti a tvaru povrchu materiálu – deformace, zpevnění, měknutí, oddělování, tavení, sublimace, ionizace, spájení, přenášení, nanášení atd.,
- změnami povrchu materiálu – absorpce, difuze, legování, triboxidace, tribokoroze atd. [2].

Vlastní opotřebení má určitý časový průběh (obr. 10) [2], z kterého lze usoudit, že rychlost opotřebení je různá pro dané fáze technického života objektu.[2]



a - záběh

b - provozní nasazení

c - doběh (havárie)

h - hodnota opotřebení [μm]

t - čas [h]

h_{krit} - kritická hodnota opotřebení

h_z - záběhová hodnota opotřebení

h_p - provozní hodnota opotřebení

t_z - doba záběhu

t_p - doba provozu

t_z - doba života součásti

obr. 10 - Časový průběh opotřebení [2]

3.1 Druhy opotřebení

Hlavní faktory, které mají vliv na opotřebení:

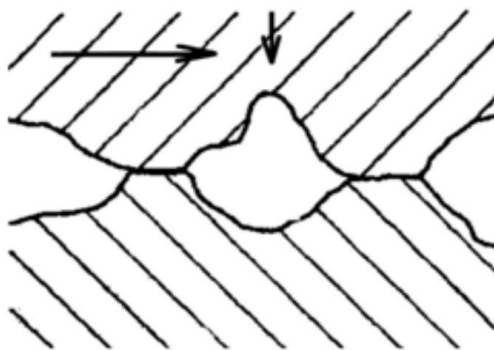
- zatížení, které působí na malou plochu kontaktu bez zohlednění nerovností povrchu,
- modul pružnosti v tahu (E),
- pevnostní charakteristiky materiálu,
- koeficient tření (třecích se povrchů),
- drsnost a nerovnosti povrchu,
- teplota, která ovlivňuje mechanické vlastnosti zvoleného materiálu.

[2]

Následující druhy opotřebení povrchu materiálu se v praxi vyskytují zpravidla současně.

3.1.1 Adhezivní opotřebení (obr. 11)

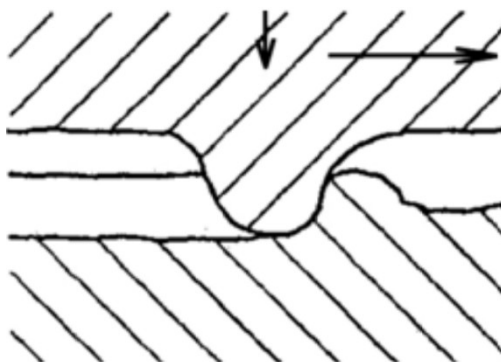
Adhezivní opotřebení vzniká při bezprostředním styku kovu s kovem. Mezi vrcholky nerovností stýkajících se kovových ploch se koncentruje tepelná energie. Uvolněným teplem dochází k natavení povrchových vrstev a k vytvoření tzv. mikrosvarů. Je-li pevnost těchto bodových svarů stejná nebo menší než pevnost materiálů, mikrosvar se odtrhne. Jestliže pevnost svarů převyšuje pevnost materiálů, vytrhávají se z ploch částice a ty jsou buď zdrojem abrazivního opotřebení nebo se vtiskávají zpět do jednoho z povrchů. Intenzivní forma adhezivního opotřebení se nazývá zadírávání, v praxi se však nejčastěji setkáváme s jemným adhezivním oděrem. Přítomnost maziva mezi dotýkajícími se povrchy proces opotřebení nepochybně ovlivňuje. [1]



obr. 11 – Adhezivní opotřebení [2]

3.1.2 Abrazivní opotřebení (obr. 12)

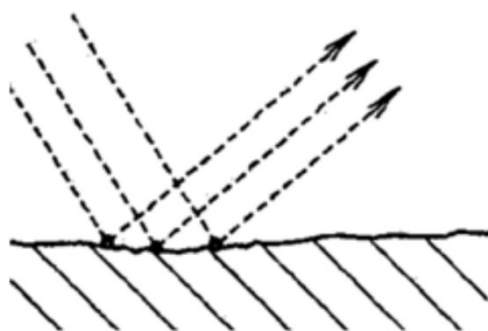
K abrazivnímu opotřebení dochází rozrýváním a řezáním měkkého povrchu jednoho tělesa jiným, tvrdším povrchem tělesa druhého. Tentýž jev nastává při pohybu volných tvrdých částic vyskytujících se v mezeře mezi nimi. Volné částice mohou pocházet ze zplodin adhezního oděru, může to být písek nebo jiné tvrdé nečistoty, ale také tvrdý karbon vzniklý tepelným rozkladem maziv apod. [1]



obr. 12 – Abrazivní opotřebení [2]

3.1.3 Erozivní opotřebení (obr. 13)

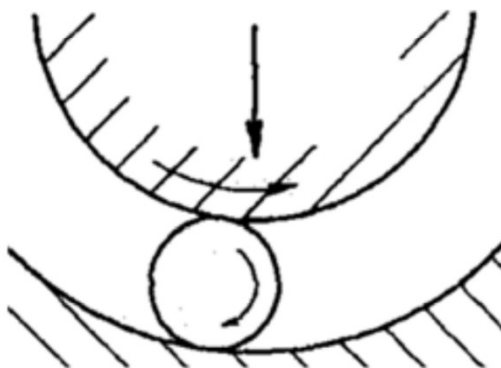
Nejčastěji se vyskytuje v kapalinovém režimu tření za povrchovými překážkami, za kterými se proudící tekutina intenzivně víří. Proud kapaliny nebo plynu unáší pevné částice, které poškozují povrch. Projevuje se nerovnoměrným, často výrazně zvlněným povrchem, občas i mělkým prohloubením. Při erozním opotřebení se nerovnosti povrchů zvětšují a ubývá při něm materiálu v nejnižších místech. Erozivnímu opotřebení napomáhají kapaliny s malou viskozitou nebo oleje s nízkým indexem viskozity. [1]



obr. 13 – Erozivní opotřebení [2]

3.1.4 Únava materiálu (obr. 14)

Někdy se používá pro opotřebení únavou název “pitting“. Na povrchu dotýkajících se prvků lze zaznamenat vydrolování materiálu, při němž vznikají důlky s charakteristickým lasturovým lomem. Předpokladem pro vznik únavové poruchy je opakované namáhání povrchu materiálu při současném působení velkého vnitřního napětí. Nejprve dojde k přechodnému zpevnění materiálu, poté ke ztrátě pružnosti a objevení se podpovrchové trhliny. [1]



obr. 14 – Únava materiálu [2]

3.1.5 Plastický tok

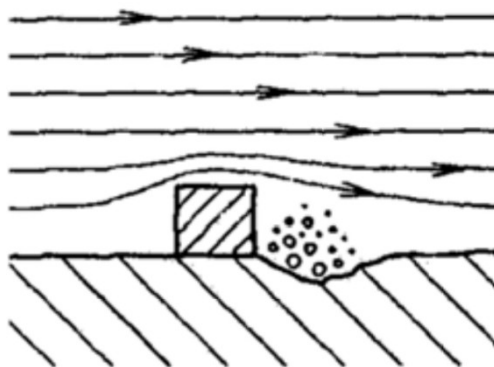
Plastický tok se objevuje při namáhání materiálů třecích ploch nad mez průtažnosti. Příčina tohoto opotřebení je skryta v samotném materiálu a jeho vnitřní struktuře. Při použití viskóznějších olejů se daří omezit výskyt tohoto druhu plastické deformace.

Jiným druhem plastické deformace je zvlnění povrchu. Je označován také jako “rippling“. Nepovažuje se vysloveně za poškození povrchu, spíše upozorňuje na možnost následného většího a vážnějšího opotřebení.

Zvláštní formou plastického toku je tzv. zbrázdění povrchu „ridging“. Vzniká v místech velkého bodového zatížení, např. na tvrzených zubech hypoidních převodů v místech největšího namáhání. Na potlačení ridgingu se používají maziva s vysokým obsahem účinných protioděrových přísad. [1]

3.1.6 Kavitační opotřebení (obr. 15)

Na poškozovaný materiál působí tři děje současně: velké mechanické rázy, elektrochemické a tepelně-chemické reakce. Prvotním znakem kavitačního opotřebení je tmavší barva a matný povrch v napadeném místě. Postupně se tvoří velké množství viditelných drobných pórů, které vytvoří mikroskopické trhliny. Spojováním trhlinek vzniká charakteristická lomová plocha. Správnou volbou maziva s nejmenší odparností při dané viskozitě lze omezit možnost vzniku kavitačního opotřebení. Důležitější jsou však konstrukční úpravy. [1]



obr. 15 – Kavitační opotřebení [2]

3.1.7 Korozní opotřebení

Korozní opotřebení je zapříčiněno dvěma druhy koroze, chemickou a vibrační (tribokorozní).

Chemická koroze vzniká reakcí kyselin, zásad, vody a chemicky aktivních zplodin rozkladu maziv s materiály povrchů třecí dvojice.

Vibrační koroze (tribokoroze) se objevuje v důsledku vibrací cyklického napětí při smykovém tření převážně železných povrchů. [1]

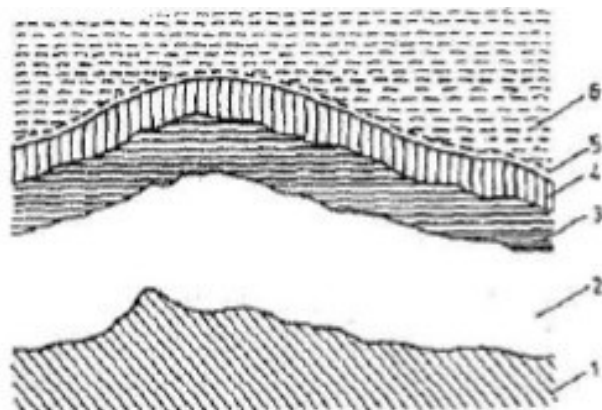
3.1.8 Zlom

Výsledkem zlomu je hluboká trhлина nebo úplné odlomení kusu součásti. Ke zlomu dochází při překročení meze pevnosti materiálu. Příčinou únavového zlomu bývá opakující se napětí v ohybu plochy. [1]

4. Mazání

Maziva zabezpečují bezprostřední dotyk pohybujících se povrchů. Tím zmenšují tření ploch a redukují opotřebení. Mazivo je tedy záměrně vpravováno mezi funkční plochy tribologického uzlu. Jednotlivé vrstvy za přítomnosti maziva jsou znázorněny na (obr.16). [2]

1. Neporušený kov
2. Přechodová vrstva
3. Vrstva s porušenými krystalovými mřížkami
4. Reakční vrstva
5. Adsorbovaná vrstva
6. Mazivo



obr. 16 - Schematické rozdělení vrstev na kovovém povrchu mechanicky namáhaného třecího materiálu v přítomnosti maziva [2]

4.1 Význam mazání

Správné mazání strojů se posuzuje hlavně podle velikosti ztrát, jejichž zdrojem je škodlivé tření. Ztráty vnímáme jako spotřebu energie, kterou je nutné vynaložit na překonání mechanických odporů, ale i jako vynaložené náklady na údržbu a opravu opotřebovaných součástí. Stejně tak neplánované odstávky navyšují provozní náklady. Je třeba zvážit také použití maziv pro jiné účely (konzervaci kovových výrobků).

Ekonomický vliv mazání nejsme schopni v celé šíři zcela postihnout. Často to vede k tomu, že je účinnost správného mazání podceňována nebo dokonce znevažována. [5]

Vlivem nedostatečného či nesprávného dodržování tribologických zásad se odhadují ztráty v průmyslově vyspělých zemích okolo 30% energie. Z důvodu opotřebování se vyřazuje 80 – 90 % strojů. Správnou volbou mazání (náklady na mazání představují jen 2 – 8 % celkových nákladů na péči o stroje) se jejich fyzická životnost prodlužuje. [1]

4.2 Rozdělení maziv

V současnosti se používají plynná, kapalná, plastická a tuhá maziva.

Plynná maziva

Používají se ve speciálních případech. Hlavním důvodem je stálost při vysokých teplotách, při nichž se jiné druhy maziv rozrušují nebo odpařují. Díky těmto vlastnostem jsou určeny pro dvě oblasti použití.

- a) Jsou vhodná pro mazání kluzných ložisek hřídelí s velmi vysokými obvodovými rychlostmi, kdy se při intenzivním tření uvolňuje velké množství tepla.
- b) Plynná maziva jsou účinná v prostředí s velmi vysokou provozní teplotou (více jak 300 °C) a v prostorech s radioaktivním zářením. [3]

Kapalná maziva

Nejpoužívanějším druhem maziv jsou kapaliny. K jejich výhodám patří široké spektrum viskozit, relativní snadnost skladování, dopravy a manipulace. Kromě mazání odvádí z třecích ploch teplo. Kapalně skupenství dovoluje oběh a proto jeho používání je ekonomické. Také filtrace použitých olejů je dále ekonomicky zvýhodňuje. Používání v praxi neklade velké nároky na technickou konstrukci.

Kapalná maziva se dělí do několika skupin:

- a) **Chemicky jednoznačné látky** – tzn. chemické sloučeniny, např. voda, kyselina sírová, glycerín. Nevýhodou všech těchto látek je, že mají jen určitý viskozitní stupeň a dají se použít jen v určitých případech mazání.
- b) **Homogenní směsi** – jsou složeny výhradně z molekul určité chemické skladby, ale různé velikosti. Patří sem mazací oleje minerálního původu, v malém měřítku oleje původu syntetického. Maziva s různými požadovanými provozními vlastnostmi docílíme správně zvoleným výběrem a mícháním maziv a taky přidáním zušlechťovacích přísad. Jsou k dostání v jakékoliv viskozitě.
- c) **Kapalné dispenze** – tzn. rozptýlené jemné částice jedné látky v druhé. Nutnou podmínkou je, aby se navzájem nemísily. Nejvíce se používají emulzní kapaliny (disperze oleje ve vodě). Další druh disperzní kapaliny je suspenze, tzn. rozptýlené pevné látky v kapalině. [3]

Plastická maziva

Plastická maziva jsou po kapalných mazivech ta nejpoužívanější. Nazýváme je mazací tuky; nejsou kapalné, ale tvoří plastickou látku. Při jejich výrobě se míchá a vaří mazací olej s organickou nebo anorganickou látkou, která funguje jako zahušťovadlo. Jsou výhodné pro menší odstřík ze součástí, což znamená jejich menší spotřebu a příznivý těsnicí účinek zamezující přístup nečistot. K nevýhodám náleží velké vnitřní tření, omezený odvod tepla z třecích míst a nemožnost oběhového způsobu mazání.

Rozdělení mazacích tuků.

Rozděluje se podle zahušťovadla, které určuje charakteristické vlastnosti tuku.

Mazací tuky se dělí na:

- a) vápenaté tuky,
- b) komplexní vápenaté tuky,
- c) sodné tuky,
- d) lithné tuky,
- e) hlinité tuky. [3]

Pevná maziva

Jde o látky s malou tvrdostí a nepatrnou smykovou pevností. Jsou odolné vůči vysokým teplotám. V závislosti na teplotě a tlaku nemění své fyzikální ani chemické vlastnosti, pokud není překročena mezní hodnota, při které dojde k jejich chemické změně. Využívají se u strojů při vysokých teplotách a těch strojních částí, které nejdou v provozu domazávat. Brání odstříku, nebo odpaření maziva. Je třeba brát ohled na to, že nemohou odvádět teplo, že součinitel tření je větší než u kapalných nebo plyných maziv. Jsou doplňkovými mazivy, která jsou málo dostupná a tím cenově nevýhodná. Za nejznámější pevná maziva se považují grafit a sirník molybdeničitý. [3]

4.3 Zušlechťující přísady

Většina kapalných a částečně i plastických maziv se doplňuje přísadami. Přidání přísad v podobě aditiv nám umožní získat požadované vlastnosti maziv. [1]

Antioxidanty

Úkolem je potlačování oxidačních dějů a prodloužení životnosti maziv. [1]

Detergenty a disperzanty

Detergenty (čistidla) potlačují tvorbu usazenin na horkých površích motorů a neutralizují kyselé produkty oxidací a hoření. Disperzanty zabráňují shlukování nečistot, udržují je v olejové fázi a rozptylují studené kaly. Detergenty jsou zpravidla sloučeniny s kyselým vodíkem, neutralizované kovem. [1]

Protikoroziční přísady

Jde v podstatě o inhibitory koroze a rezavění. Inhibitory koroze jsou užitečné tím, že pasivují povrch kovů, potlačují tvorbu kyselin v oleji a zpětnou korozi kovu těmito kyselinami. Inhibitory rezavění se používají v konzervačních, turbínových, hydraulických, převodových a přístrojových olejích. Jsou amfoterní; polární části molekuly se pevně absorbují na kov, zatímco nepolární uhlovodíkový zbytek vytváří vrstvu odpuzující vodu. [1]

Modifikátory viskozity a viskozitně teplotní křivky

Modifikátory reologických vlastností olejů jsou převážně polární a nepolární polymery a kopolymery. [1]

Depresanty – snižovače teploty tuhnutí

Mohou být nepolymerní i polymerní. Předností polymerů je větší účinek, avšak s nebezpečím zvýšení gelové viskozity při předávkování. [1]

Protipěnovostní přísady

Omezují pěnivost oleje. Zejména u olejů s vysokým obsahem detergentně-disperzních přísad, které naopak pěnivost podporují. Jsou významné i u olejů, které přicházejí do styku se vzduchem. [1]

Emulgátory

Snižují mezi povrchové napětí na rozhraní vodní a olejové fáze na přijatelnou hodnotu 10 mN.m^{-1} . Brání stékání kapek a tvoří souvislé pružné a tenké filmy. Působí tak, že vnější fáze s emulgátorem obalí kapky dispergované (vnitřní) fáze. Pokud je emulgátor hydrofilní vzniká emulze oleje ve vodě, pokud je emulgátor lipofilní vzniká emulze vody v oleji. [4]

Modifikátory tření – mazivostní přísady

Modifikátory tření vytváří na povrchu třecí dvojice film s výhodným (malým) součinitelem tření. Jedná se o sloučeniny s dlouhým nevětveným řetězcem atomů uhlíku (řetězec 10 a více atomů uhlíku), které se rozpouštějí v oleji. [1]

Biocidy

Biocidy potlačují rozmnožování mikroorganismů v emulzních olejích a olejích s kontaminovanou vodou. Tím zabraňují znehodnocování maziva a vytváření zdraví škodlivého pracovnímu prostředí. [1]

Vysokotlaké a protioděrové přísady

Tyto přísady reagují s materiálem třecí dvojice a vytvářejí pevný a odolný mazací film. Film nedovoluje styku kovu na kov i při silném zatížení v extrémních tlakových podmínkách, při nichž vznikají lokální, extrémně vysoké teploty. [4]

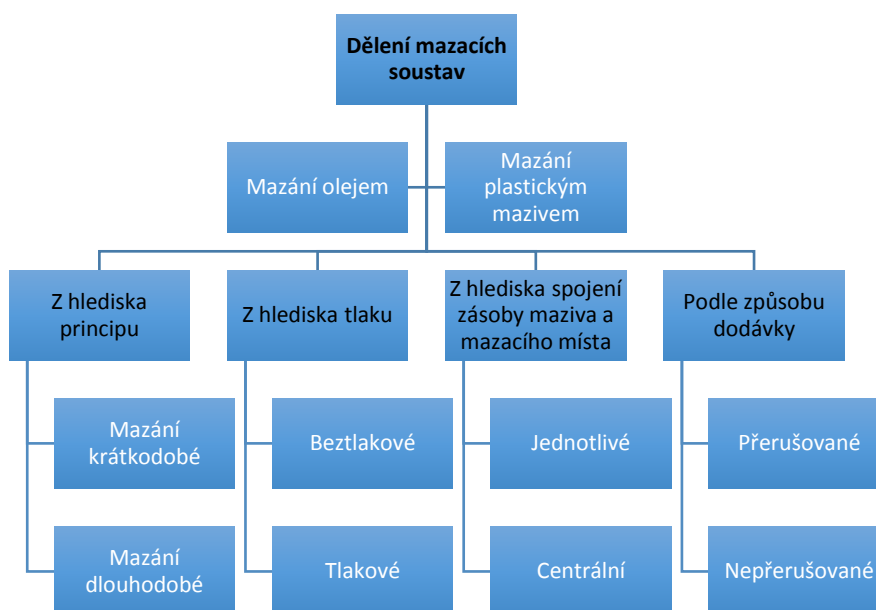
Jiné přísady

Někdy používáme speciální přísady pro určité druhy maziv, které mají speciální použití. Antiseptika brání růstu bakterií a plísní. Mikroorganismy si po nějaké době na antiseptika zvyknou, je potřeba za nějaký čas biocidní přísady měnit. Měla by mít dezinfekční účinek na mikroorganismy, měla by být stálá za různých provozních podmínek, bez zápachu, nesmí dráždivě ani toxicky působit na pokožku a dýchací ústrojí, nezpůsobovat korozi, neovlivňovat nátěr kovu, udržovat stálost emulze. [4]

4.4 Mazací soustavy a zařízení

Mazací soustavy a zařízení zabezpečují dodávku maziva do místa, kde je vyžadováno, v potřebné kvalitě a množství. Jde o dlouhou řadu zařízení, která začínají u jednoduchých pomůcek, jako je olejníčka, až po složité oběhové mazací soustavy. Podle zvoleného maziva a jeho množství se volí mazací soustava. To vyplývá z pracovních a provozních podmínek stroje, nároků na kontrolu, obsluhu a životnost a taky je třeba zvážit ekonomické náklady. Podle toho, jestli se mazivo vrací do soustavy, se dělí mazací soustavy na krátkodobé a dlouhodobé. Jiná dělení rozlišují soustavy tlakové a beztlakové. Další rozdělení rozlišuje jednotlivé nebo centrální mazací soustavy nebo se liší způsobem dodávky. [3]

Přehled rozdělení mazacích soustav je na (obr.17).



obr.17 – Rozdělení mazacích soustav [2]

Při rozhodování o mazací soustavě a použitém mazacím zařízení bereme v potaz existující hranici tření a mazání. Hranici můžeme vidět na Stribeckově diagramu (obr.3). V oblastech suchého tření nesmí docházet k zadírání a pro oblast přechodu laminárního proudění v turbulentní je kritická hodnota Reynoldsova čísla dána vztahem: [2]

$$Re_{KRIT} = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\eta} = 2300$$

v = rychlost

ρ = hustota

d = tloušťka olejového filmu

η = dynamická viskozita

4.4.1 Krátkodobé mazací olejové soustavy

Krátkodobě mazací olejové soustavy vyžadují přísun nového oleje, který prochází mazaným místem a nazpět se již nevrací. Můžeme dopravovat olej v určitém množství a za určitý čas přerušovaně nebo plynule. Mazání je neekonomické, jelikož se olej použije jen jednorázově. Proto se maže velmi úsporně a malým množstvím maziva. Tím je použití omezeno na nenáročné případy mazání tj. nízké tlaky a malé rychlosti. V některých případech můžeme olej zachytit a přefiltrovaný použít znovu.

Mazání olejničkou nebo stříkačkou

Patří k nejjednodušším způsobům přerušovaného mazání. Mazání olejničkou se nepovažuje za příliš optimální, neboť olej se v mazacím místě nedrží po celou dobu a dochází pak k rychlému opotřebení třecích ploch.

Kapací mazání

Řadí se k nepřerušovaným způsobům mazání a pracuje v krátkých pravidelných intervalech. Olej dopravujeme do mazacího místa buď maznicí, za pomoci samospádu nebo vztlínáním. Výhodami jsou pravidelná dodávka oleje v seřiditelném množství, snadná kontrola a nízké náklady. Nevýhodou je velká spotřeba, kterou musíme řešit zachycením do sběrné nádoby, případně filtrací. Přefiltrovaný olej se pak vrací zpět.

Mazání olejovou mlhou

Při mazání olejovou mlhou se olej plynule dopravuje do mazaného místa v podobě malých kapiček za pomoci stlačeného vzduchu. Maže se buď jednotlivě, nebo centrálně použitím rozprašovacího zařízení. Velkou výhodou je nepatrná spotřeba oleje. Další výhodou je utěšňovací a chladicí funkce olejové mlhy, která je vháněna tlakem. Na olej jsou však u tohoto způsobu mazání kladeny vyšší nároky. Např. olej smíchaný se vzduchem nesmí pění.

Ruční tlakové mazání

Je velmi jednoduchý způsob, při kterém se ručně vyvine tlak na píst tlakové maznice. V případech jednotlivého nebo občasného mazání se používají přenosné maznice, zatímco u centrálního mazání maznice pevně spojené se strojem. Můžeme použít viskóznější oleje díky mazacím lisům. Mezi nevýhody patří především dlouhé mazací intervaly, obtížnost kontroly a potřeba obsluhy.

Mechanické tlakové mazání

Pro mechanické tlakové mazání se používá zařízení vybavené tlakovým čerpadlem. Mazivo se dopravuje potrubím do mazných míst pod tlakem a dávkuje se v přesně vyměřených dávkách a časových intervalech. Výhodou je plynulost a možnost mazat těžce přístupná a vzdálená místa. [3]

4.4.2 Dlouhodobé mazací olejové soustavy

Podstatou dlouhodobých mazacích olejových soustav je myšlenka uzavřených oběhových okruhů. Olej se tak po určitém čase dostává do stejných míst. To však předpokládá odolnost oleje proti degradaci a jeho použití jen do přípustného zestárnutí.

Kroužkové mazání

Kroužkové mazání se považuje za nejpoužívanější mazání založené na nepřímém smáčení. Využívá se u radiálních kluzných ložisek se zatíženou spodní pánví. Na podobném principu funguje i mazání článkovým řetězem.

Polštářové mazání

Podobně jako u kroužkového mazání ho řadíme k mazání s nepřímým smáčením. Také polštářové mazání se používá k mazání radiálních kluzných ložisek, ale se zatížením na horní ložiskové pánvi. Olej se dopravuje do mazacího polštáře pomocí bavlněných knotů v ložiskovém tělese ze zásobníku. Následně se pak o mazací polštář otírá čep, který přesouvá mazací olej mezi kluzné plochy.

Kotoučové mazání

Používá se u vodorovných kluzných vedení. Kotouče jsou uloženy v olejových jímkách, které jsou umístěny do lůžka kluzného vedení. Na jejich povrch je nanášen mazací olej z jímky a v kluzném vedení jsou unášeny a drženy pomocí saní stolu a pružiny.

Brodící mazání

Součásti se mažou přímým smáčením v olejové lázni. Mazané místo je celé nebo částečně ponořeno do olejové lázně. Využívá se u axiálních kluzných ložisek, řetězových převodů, pomaluběžných ozubených převodů apod.

Rozstříkové mazání

Patří mezi beztlaké centrální mazání a v klasické podobě se vyskytuje jen při mazání částí strojů uzavřených ve společné skříni. Nádrž na olej tvoří spodní část skříně. Rychle se točící součásti stroje zasahují do oleje a rozstříkují olej po celé skříni. Olej je dopraven do mazaného místa buď přímo nebo se olej zachycuje do připravených kapes, z nichž se pomocí trubiček dostává na potřebná místa.

Oběhové mazání

Tento způsob mazání patří mezi nejdokonalejší, ale také mezi nejsložitější a nejnákladnější. Zabezpečuje dopravu maziva do potřebného místa, kontrolu mazání, čistotu oleje, jeho chlazení a taky umožňuje dávkování oleje.

Oběhové mazání z konstrukčního hlediska pracuje ve dvou úpravách:

- čerpadlo přečerpává olej z nádrže do další, výše umístěné nádrže, a z ní se olej rozvádí na mazací místa pomocí samospádu,
- čerpadlo tlačí olej z nádrže přímo do míst mazání. Poté se vrací znovu do téže nádrže.

Druhá úprava se používá častěji, protože umožňuje seřizovat tlak, pod kterým je olej přiváděn do mazaného místa. Výhodou první úpravy je usazování nečistot v nádrži. Mazání je také po jistou dobu (podle kapacity nádrže) funkční i po případném selhání čerpadla. [3]

5. Taktové obráběcí centrum HYDROMAT HB 45/12

5.1 Automotive - díly pro automobilový průmysl

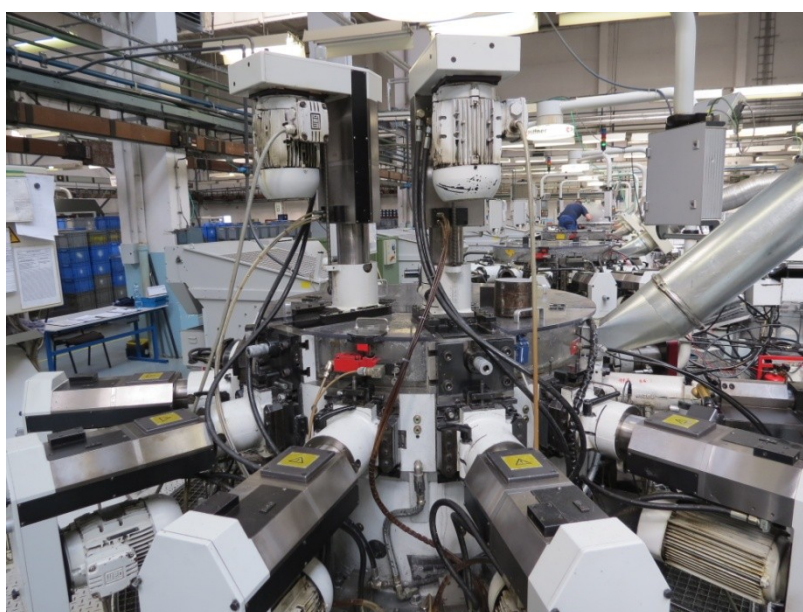
Česká zbrojovka a.s., speciálně její divize SBU Automotive, je zaměřena na výrobu součástek pro automobilový průmysl. Sériová výroba přesných dílů klimatizačních soustav automobilů se realizuje na CNC strojích cestou třískového obrábění a lisování.

Na hlavní fáze výroby navazují operace jako je omílání, průmyslové čištění, odjehlování, tepelné zpracování, odmašťování. Výroba končí nezbytnou výstupní kontrolou a balením výrobků.

Výrobní kapacitu zajišťuje obráběcí stroj HYDROMAT HB 45/12. Umožňuje hromadnou výrobu součástek při použití technologie CNC obrábění cestou frézovacích, soustružených, vrtacích a závitovacích operací. Většinu výroby tvoří součástky z hliníku a jeho slitin. Na (obr.18) je možné vidět příklad hliníkové součástky vyráběné strojem HYDROMAT HB 45/12.



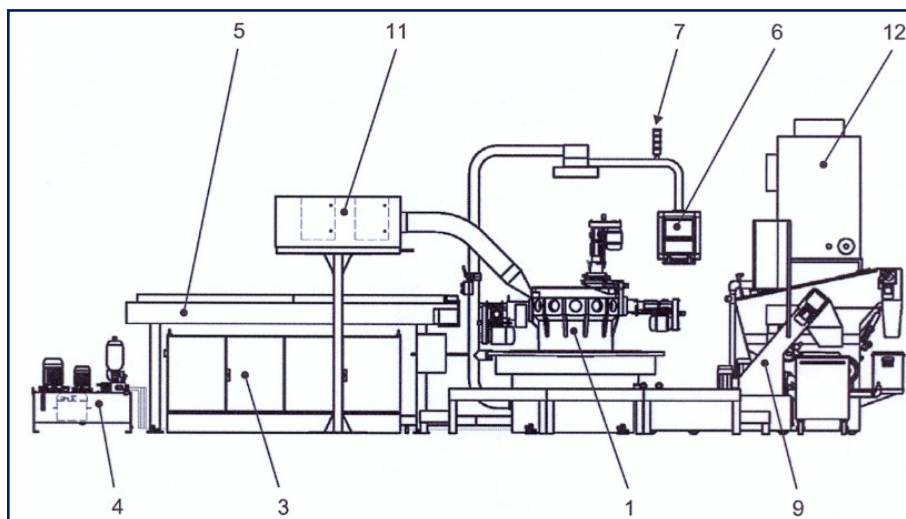
obr. 18 – Hliníkový produkt č.6 [12]



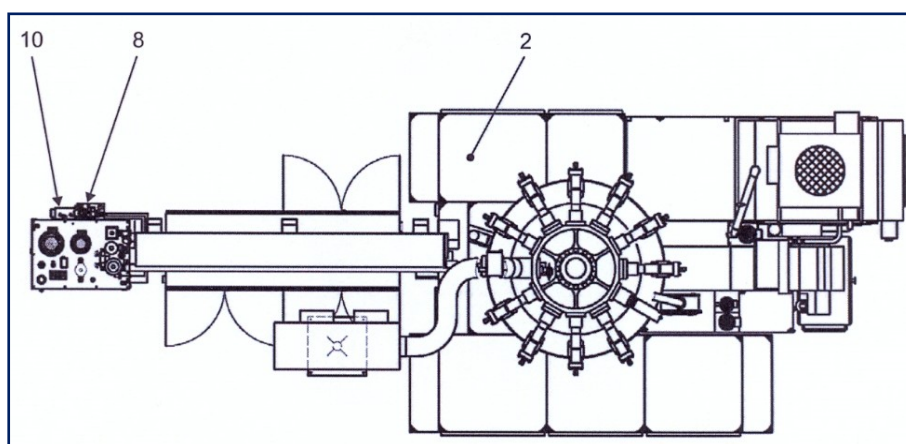
obr. 19 – HYDROMAT HB 45/12 [autor]

5.2 Základní popis stroje HYDROMAT HB 45/12

Na obrázku 20 je podán schematický náčrtek stroje HYDROMAT HB 45/12 v nárysu i půdorysu, jeho nejdůležitějších částí a jejich prostorové rozložení.



obr. 20a – Konstrukce stroje HYDROMAT HB 45/12 (nárys) [11]



obr. 20b – Konstrukce stroje HYDROMAT HB 45/12 (púdorys) [11]

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Základní stroj
HYDROMAT HB 45/12-
taktovaný otočný stůl,
řídící čep / stůl
s kleštinami, hydraulika,
zakládací zásobník,
příruba, jednotky, centrální
mazání, ventily | 4. Hydraulický agregát |
| 2. Podeska | 5. Zakládací zásobník |
| 3. Elektroskříň | 6. Závěsný ovládací pult |
| | 7. Signální světlo |
| | 8. Úprava vzduchu |
| | 9. Chladicí zařízení kapaliny |
| | 10. Centrální mazání |
| | 11. Elektrická filtrace vzduchu |
| | 12. Temperování chladicí
kapaliny |

Podmínky pro instalaci

Podlaha, na které je postaven stroj, musí splňovat podmínku vodorovnosti a její únosnost by měla odpovídat celkové hmotnosti stroje (11200 kg). Stroj stojí na 4 patkách. Teplota prostředí, v kterém stroj pracuje, by neměla přesáhnout 35°C. [11]

Koncepce stroje

HYDROMAT 45/12 vyrábí firma Pfiffner. Je určen pro hromadnou výrobu s automatickým přívodem dílů.

Hydromat HB 45/12 je vybaven 12 horizontálními a 6 vertikálními obráběcími jednotkami. Taktovaný otočný stůl má 12 stanic s 12 kleštinami, se spínací dobou 0,7s. Stroj je schopen obrábět tyčovinu a profilový materiál až do průměru 45mm a délky 170mm. Obrobky upevněné v kleštině jsou zpracovávány z obou stran. Umožňuje to speciální otočná jednotka, která odebírá jednotlivé díly a vede je otočené o 180° nazpět do kleštiny. Odpadá tak dodatečná vyhazovací jednotka na konci obrábění, neboť hotový kus je automaticky vyhozen mezi poslední a první stanicí.

Každý pohyb, rychlost posuvu a rychloposuv je plynule nastaven obráběcí jednotkou s přiděleným hydraulickým řídicím ventilem. Obráběcí jednotku lze pohodlně vyvolat a kontrolovat přes ovládací pult. Díky velké flexibilitě je možné HYDROMAT HB 45/12 rychle a úsporně přestavět pro nové úkoly. [13]

Řízení stroje

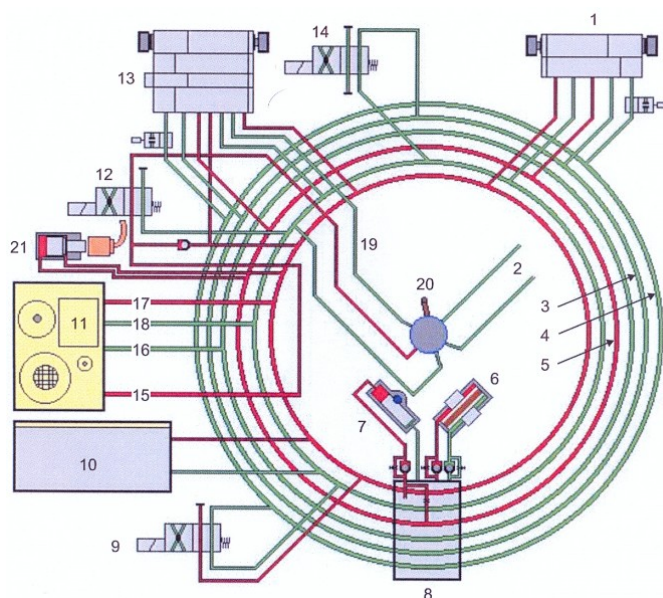
Základ řízení stroje tvoří SIMATIC S7 od firmy Siemens. Integrovaný HYDROMAT HB 45/12 umožňuje jednoduchou, konverzační obsluhu a programování stroje. Opakující se obráběcí úlohy mohou být uloženy a podle potřeby opět vyvolány, nenáročnost na seřízení stroje se tak zvyšuje.

Centrální mazání

Centrální mazání zahrnuje 2 mazací okruhy. V případě potřeby lze k nim přiřadit ještě třetí okruh.

1. Okruh: Hlavy pro čelní soustružení.
2. Okruh: posuvové jednotky, zařízení k odřezávání, CNC – saně atd.
3. Okruh (volitelně): mazání olejovou mlhou, těsnící ofuk. [11]

5.3 Hydraulické zapojení

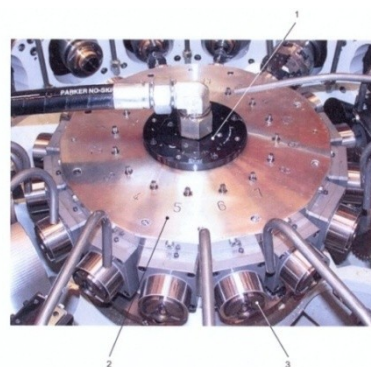


obr. 21 – Schéma hydraulického vedení [11]

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Řídící ventil | 12. Uvolnění kleštiny |
| 2. Připoj 2 + 5 | 13. Ventil pro zakládání |
| 3. Not – Aus | 14. Ventil pro nouzové zastavení |
| 4. Řídící vedení 1 | 15. Vysokotlaké vedení |
| 5. Řídící vedení 2 | 16. Vedení unikajícího oleje |
| 6. Válec pro zdvihnutí | 17. Vedení tlaku |
| 7. Válec pro otočení | 18. Zpětné vedení |
| 8. Ventil otočného stolu | 19. Řídící vedení 3 |
| 9. Spouštěcí jednotka | 20. Oplach upínací kleštiny |
| 10. Zakládací zásobník | 21. Tlakový spínač pro řídící vedení 2 |
| 11. Hydraulický agregát | |

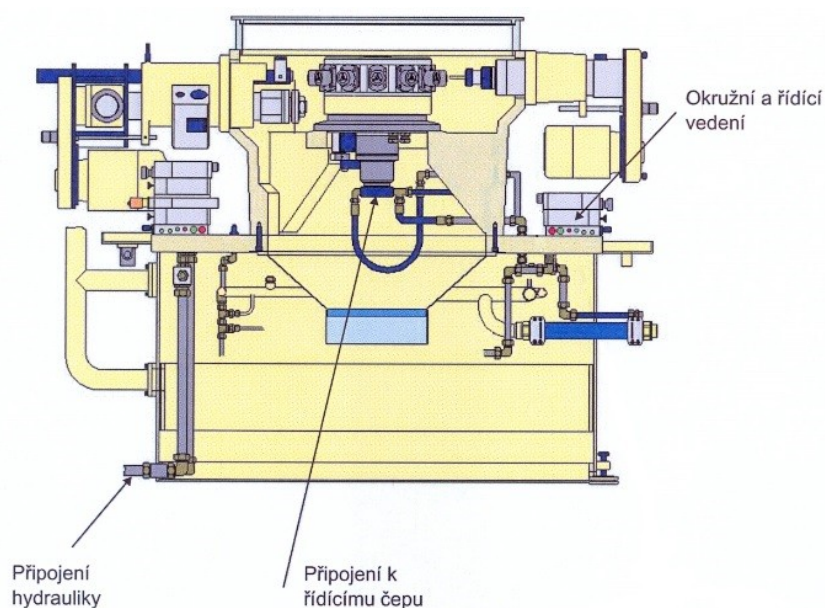
Řídící čep, stůl s kleštinami

Řídící čep je namontován do středu stolu. Jeho funkce je přivést hydraulický olej z ventilu k příslušné kleštině. Chladicí olej je dopravován přes řídící čep a slouží také pro oplach upínacích kleštin.



obr. 22 – Řídící čep[11]

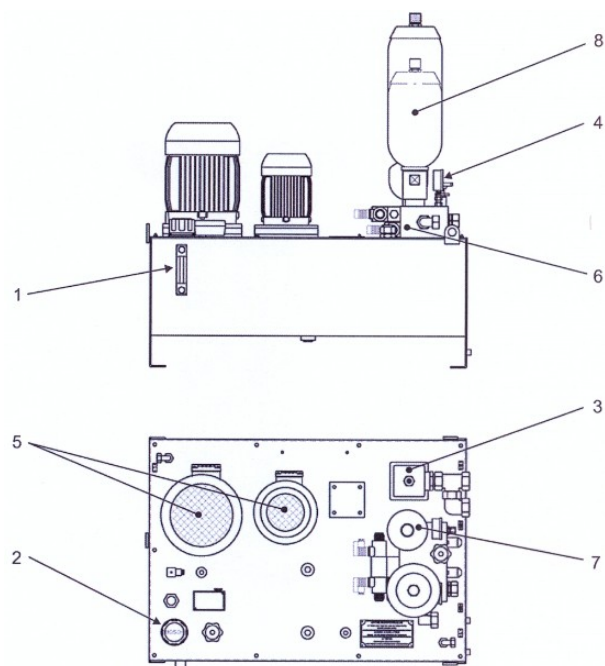
Hydraulické vedení stroje HYDROMAT HB 45/12:



obr. 23 – Hydraulické vedení stroje [11]

Popis hydraulického agregátu:

1. Ukazatel stavu oleje
2. Filtr naplnění a odvětrání
3. Zpětný filtr
4. Manometr
5. Elektromotor
6. Řídicí blok a ventily
7. Membránový zásobník
8. Tlaková vyrovnávací nádoba



obr. 24 – Hydraulický agregát [11]

Hydraulické systémy ve všeobecných průmyslových aplikacích vyžadují třídu čistoty 20/18/15 dle normy ISO 4406, přičemž hydraulická zařízení se servoventily nebo vysoce výkonnými regulačními ventily kladou na třídu čistoty vyšší nároky, např. třída 19/16/13. [11]

5.4 Chladicí kapaliny a hydraulické oleje, použité ve stroji

HYDROMAT HB 45/12

Při volbě chladících kapalin je nutné dodržovat jistá pravidla:

- nelze používat kapaliny s příměsí chlóru a síry,
- protože olejové mlhy a páry mohou v pracovním prostoru explodovat nebo se vznítit, je třeba používat elektrický čistič vzduchu a zajistit dostatečný přívod chladícího prostředku na určená místa,
- zajistit optimální viskozitu oleje (řezné oleje s malou viskozitou lépe chladí, ale více odpařují, zatímco u vysoce viskózních řezných olejů je tomu naopak),
- pravidelně kontrolovat stav chladicí kapaliny s vědomím, že jen plný zásobník snižuje teplotu oleje a zlepšuje tak chlazení.

Hydraulický olej – Mobil DTE 24

Řada Mobil DTE 20 představuje mimořádně kvalitní hydraulické oleje. Jejich ochrana proti opotřebení je natolik účinná a široká, že uspokojí celou řadu požadavků na hydraulická zařízení. Jsou vyvinuty, tak aby splňovaly nejnáročnější požadavky vysokotlakých hydraulických soustav, výkonných čerpadel a zároveň i kritické požadavky ostatních součástí hydraulických systémů. Jsou vyrobeny z vysoce kvalitních základových olejů a dokonale stabilizované kombinace aditiv, které neutralizují utváření korozivních složek.

Tab. 1 Důležité hodnoty (parametry) oleje Mobil DTE 24

Mobil DTE 24 - hodnoty oleje stanovené výrobcem	
Třída viskozity:	ISO VG 32
Viskozita při 40°C:	31,5 mm ² · s ⁻¹
Viskozita při 100°C:	5,3 mm ² · s ⁻¹
Index viskozity:	98
Bod vznícení:	220°C
Pourpoint:	-27°C
Hustota při 15°C	0,871 g/cm ³

Likvidace odpadků

V rámci ochrany životního prostředí je třeba zabránit úniku oleje mimo mazací systém a sběrné nádrže. V případě, že HYDROMAT HB 45/12 nestojí na nepropustné podlaze, je třeba rozložit pod něj speciální plachtu nebo jej postavit do záchytné vany.

5.5 Mazací plán

Parametry stroje:

Tab. 2: Parametry HYDROMATU 45/12

Název :	Taktové obráběcí centrum
Název stroje:	HYDROMAT HB 45/12
Označení :	PIFFNER HB 45/12
Rok výroby:	2006
Typ stroje:	HB 45/12
Maximální výkon:	40kW
Napětí:	3 x 400V
Celková hmotnost stroje:	11200kg

Tab. 3: Použitá média

Seznam použitých médií		
Pozice	Mazivo ISO/DIN	Množství
Hydraulický olej	HM 32S	160L
Olej pro kluzná vedení	KV – 68	2,7L
Řezný olej	CUT OC	2000L

Tab. 4: Údržba mazacího systému

Seznam služeb			
Činnost	Popis	Množství	Interval
Analýza			1x ročně
Filtrace	Dle výsledku	160L	1x ročně
Výměna	Dle výsledku		Dle potřeby
Čištění stroje	Řezný olej CUT OC		2x ročně
Filtrace řezného	Filtrační jednotka	2000L	2x ročně
Čištění záchytné	Vysávání oleje		1x týdně

Kontrola stavu olejů se provádí denně a to vizuální kontrolou stavoznaků. Kontrolou je pověřen:

- *operátor stroje* – případné abnormality nahlásí mistrovi nebo pověřenému pracovníkovi údržby,
- *stanovený pracovník údržby* – případné abnormality pracovník řeší na místě.

Tab. 5: Barvy užívané k označení plnicích otvorů

Značení plnicích otvorů	Barva
Hydraulický olej	Red
Olej pro kluzná vedení	Green
Řezný olej	Yellow

Označení místa otvoru plnění hydraulického oleje:



obr.25 Hydraulický olej - DTE 24 HM 32S (množství 160L)

Označení místa otvoru plnění řezného oleje:



obr.26 - Řezný olej - CUT OC (množství 2000L) [autor]

Označení místa otvoru plnění Olej pro kluzná vedení:



obr.27 - Olej pro kluzná vedení – KV 68 (množství 2,7L) [autor]

6. Tribodiagnostické zkoušky – rozbor olejové náplně

Hodnotí se fyzikálně chemické parametry mazaného oleje. Změny těchto jednotlivých parametrů olejů, ke kterým dochází v průběhu provozování v objektu, poskytují obraz o aktuálním stavu olejové náplně a napovídají o možnostech dalšího provozu zařízení. Degradace maziva je dynamický proces, který probíhá v reálném čase. Má své zákonitosti, které je třeba pozorovat, identifikovat a vyhodnotit.

6.1 Odběr vzorku

Odebíraný vzorek musí obsahovat běžné složení používaného maziva ve strojním zařízení. Při odběru je třeba postupovat podle pokynů stanovených normou ČSN.

ČSN 65 6207 je předpis pro nejpresnější a zároveň pracovně náročný odběr vzorků hydraulických kapalin, při kterém se věnuje zvýšená pozornost na množství a rozsah nečistot maziva. Odběr se provádí do čistých vzorkovnic o objemu 300ml. Olej musí být dokonale promíchaný a zahřátý na provozní teplotu a pokud je zařízení zastaveno, tak je nutno provést odběr do 20 minut. Poté se odpustí asi 500 ml oleje do čisté nádoby a vrátí se nazpět do zařízení (můžeme opakovat i vícekrát, je možné i 2l pro pečlivé propláchnutí). Je nutné pročistit okolí odběrného místa, kde dojde ke kontaminaci. Nyní se odebere 200-250 ml oleje do připravené vzorkovnice. Tento vzorek se přesně a čitelně popíše a předá dál k samotné zkoušce.

Popis musí obsahovat:

- číslo a název stroje,
- mazané místo,
- druh maziva,
- datum odběru,
- kdo odebral,
- označení požadovaných rozborů

Než se přistoupí ke stanoveným zkouškám oleje, je nezbytné vykonat předběžnou vizuální kontrolu oleje. Posuzuje se barva oleje, přítomnost volné a vázané vody, viditelné mechanické nečistoty, zápach oleje (palivo, přepálený olej). [2]

Popis odběru vzorků ze stroje Hydromat HB 45/12

U stroje hydromat HB 45/12 jsem provedl odběr vzorku hydraulického a řezného oleje pro následnou analýzu v tribodiagnostické laboratoři. Při odběru vzorků jsem postupoval přesně podle normy ČSN 65 6207.

Dne 15.12.2014 jsem provedl odběr dvou vzorků:

Vzorek č. 1: **Řezný olej CUT OC** - používaný

Místo odběru vzorku řezného oleje - CUT OC je označeno na (obr.26). Již při vizuální kontrole řezného oleje bylo patrné, že olej není čirý a jeho barva nese stříbřitý odstín. Důvodem zabarvení řezného oleje byl vysoký obsah hliníku. Na obr.28 je zachycen protékající řezný olej ve sběrné nádrži zabarvený přítomným hliníkem.



obr.28 - Nádrž na řezný olej [autor]

Vzorek č. 2 - **Hydraulický olej DTE 24 HM 32S** – používaný před filtrací

Místo odběru vzorku hydraulického oleje – DTE 24 HM 32S je označeno na (obr.25). Při vizuální kontrole vykazoval vzorek pouze lehké nazelenalé zabarvení.

Další odběr vzorků hydraulického oleje jsem vykonal asi o dva měsíce později (13.2.2014). Jednalo se však již o olej po filtraci.

Vzorek č. 3 - **Hydraulický olej DTE 24 HM 32S** – používaný po filtraci

Místo odběru bylo stejné, jako u vzorku č. 2. Při vizuální kontrole bylo patrné lehké modré zabarvení.

Pro pozdější porovnání výsledků rozboru olejů jsem odebral referenční vzorky obou olejů (CUT OC a DTE 24 HM 32S).

Vzorek č. 4 - **Řezný olej CUT OC** - referenční

Vzorek č. 5 - **Hydraulický olej DTE 24 HM 32S** – referenční

6.2 Analýza olejů – rozbor olejů v diagnostické laboratoři

Kinematická viskozita

Viskozita je jedna ze základních vlastností maziva. V problematice hydrodynamického tření je to nejvýznamnější informace o stavu mazacího oleje. Je silně závislá na teplotě. Při změně teploty o 1°C se změní viskozita o 5%. Změna viskozity se může vyvíjet postupem exploatace oleje dvěma způsoby, buď zvyšováním viskozity, nebo poklesem viskozity.

Příčinou zvyšování viskozity je meziprodukt oxidační povahy, oxidace oleje, tvorba emulze s vodou, eventuálně znečišťování kondenzačními produkty. Příliš nízká viskozita způsobuje mezní tření a následné opotřebení. Příčina snižování viskozity je způsobena převážně tepelnou a mechanickou degradací aditiv, případně zaměněním olejů. U motorových olejů se může jednat o vniknutí paliva. Při vysoké viskozitě dochází ke ztrátě energie v důsledku velkého koeficientu tření.[2]

Viskozitu oleje jsem měřil při teplotě 40°C dvěma kapilárními viskozimetry typu Ubbelohde. První viskozimetr měl konstantu viskozimetru $c = 0,09408 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ a druhý $c = 0,2997 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$. Zjišťoval jsem čas průtoku, za který urazí testovaný olej dráhu kapilárního skleněného viskozimetru.

Kinematickou viskozitu jsem spočítal podle vztahu [2]:

$$\nu = c \cdot \tau$$

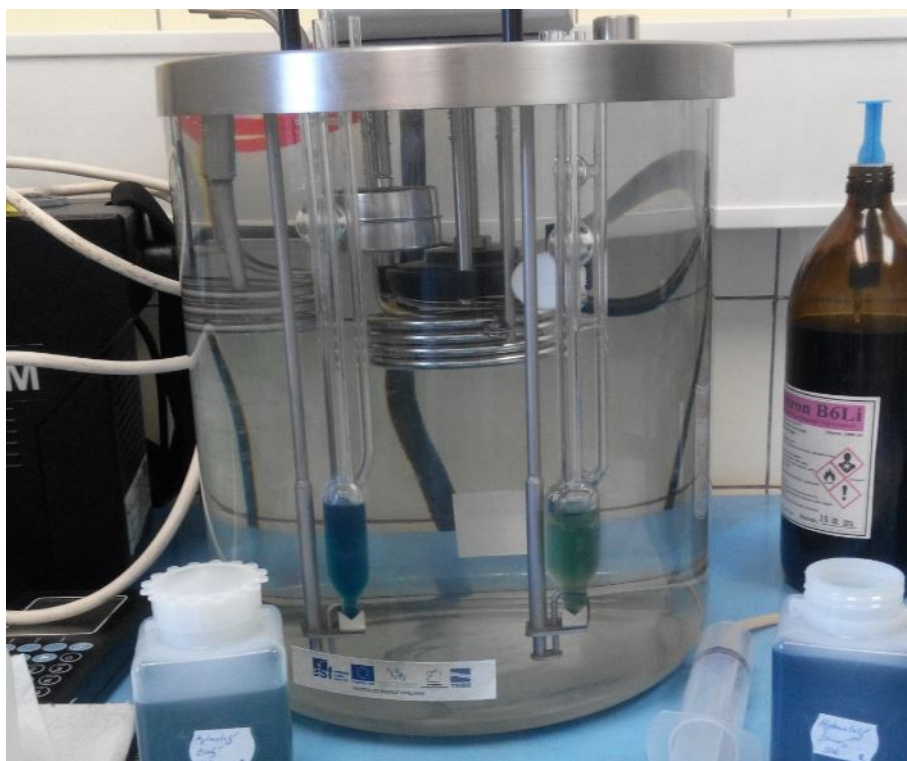
kde c je daná konstanta viskozimetru [$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$],
 τ je aritmetický průměr doby průtoku viskozimetru [s]

Vzorový výpočet:

Vzorek č. 2- **Hydraulický olej - DTE 24 HM 32S** – používaný před filtrací:

$$\nu = 0,09048 \cdot 323,5 = 30,43488 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

Obr. 29 představuje viskozimetry Ubbelohde při měření dynamické viskozity vzorku č. 2 (pravý viskozimetr) a vzorku č. 3 (levý viskozimetr).



obr.29 – Ubbelohde viskozimetry [autor]

Obsah vody

Výskyt vody v mazacím a hydraulickém oleji je nežádoucí, neboť způsobuje např. korozi součástí, vypadávání aditivů, podporuje tvorbu emulze, pění oleje, zvyšování viskozity, snižování oxidační stability oleje a tvorbu kalů.

Zkouška na obsah vody se provádí nejprve jednoduchou metodou, např. vizuálně nebo prskací zkouškou podle ČSN 65 6231, při níž se zahřeje nepatrné množství oleje na rozpálené kovové podložce. Porovnáním prskavého zvuku s připravenými standardy se vyvozuje přítomnost vody. Až po potvrzení přítomnosti vody v oleji se přistupuje ke kvantitativnímu stanovení jednou z laboratorních metod.

Přesné kvantitativní stanovení vody v oleji se určuje Coulometrickou metodou potenciometrické titrace, podle ČSN 65 0330 vypracovanou K.Fischerem, nebo méně přesnou metodou destilační. [2]

Pro přesné určení stopového množství vody jsem vybral Coulometrickou metodu (obr.30). Princip metody je založen na jevu, při kterém se elektrickým proudem uvolňuje molekulární jód, který následně reaguje s vodou. Platí, že 1 mol vody reaguje s 1 molem jódu. Náboj 10,71A.s je ekvivalentní 1mg vody. Po reakci veškeré vody s generovaným jódem je v nádobce detekována koncentrace přebytečného jódu.



obr.30 – Coulometrická metoda [autor]

Číslo alkality a kyselosti

Při znehodnocování olejů vznikají nižší a vyšší organické kyseliny. Jediný indikátor postihující stárnutí průmyslových olejů je číslo kyselosti, z tohoto důvodu je nutno k jeho stanovení přistupovat s náležitou pozorností.

Číslo celkové alkality (mg KOH.g^{-1}) vyjadřuje obsah veškerých organických i anorganických látek zásadité povahy. Označuje se zkratkou TBN (Total Base Number) a stanovuje se titrační metodou dle ČSN 65 6069. Udává množství kyseliny chloristé, které je třeba k neutralizaci veškerých zásaditých složek přítomných v 1 g oleje. Spotřebované množství kyseliny se vyjadřuje počtem mg KOH, který zde vystupuje jako ekvivalent zásaditých složek.

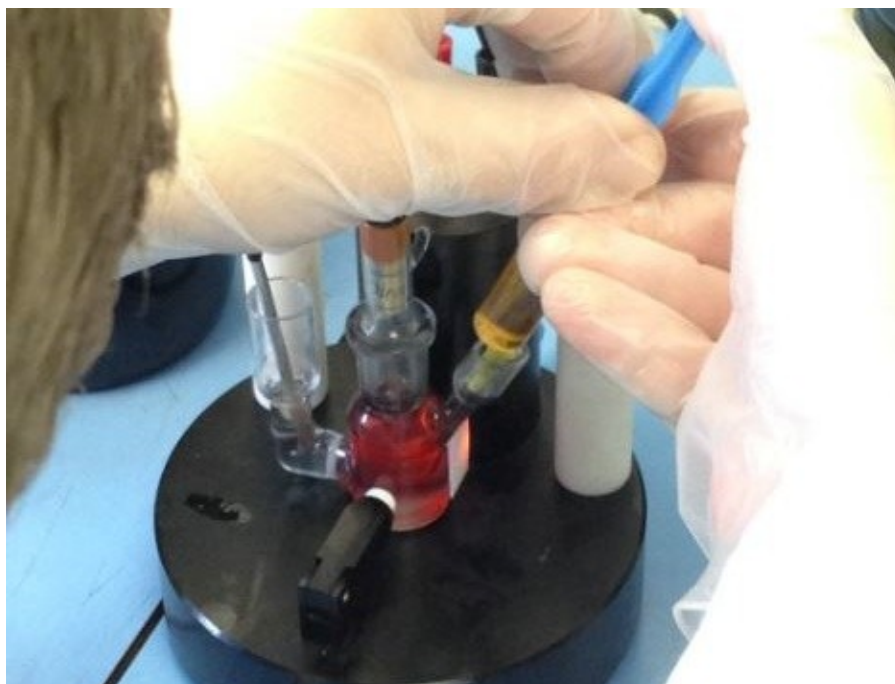
Číslo celkové kyselosti (TAN) informuje o nárustu látek kyselého charakteru, které mohou korozivně poškozovat materiál. Definuje se jako množství KOH v mg, vyčerpané na neutralizaci všech kyselých složek obsažených v 1 gramu vzorku oleje.

Metody stanovení úrovně kyselosti

Pro stanovení kyselosti můžeme použít tzv. rychlometodu. Je to přibližná metoda stanovující, zda číslo kyselosti zkoušeného oleje přesáhlo nebo nepřesáhlo předběžně zvolenou hodnotu. Principem rychlometody je neutralizovat kyselé složky oleje hydroxidem alkalického kovu. Olej a zkušební roztok o stejných objemech se smíchají, důkladně promísí a ponechají 15 minut v klidu. Směs se rozdělí na dvě vrstvy, přičemž je důležitá jen horní vrstva. Modré zbarvení vrstvy znamená, že je olej v pořádku, zelená barva prozrazuje rovnost s předběžně zvolenou hodnotou čísla kyselosti. Jestliže je vrstva zbarvena žlutě, číslo kyselosti přesáhlo stanovenou hodnotu kyselosti. [2]

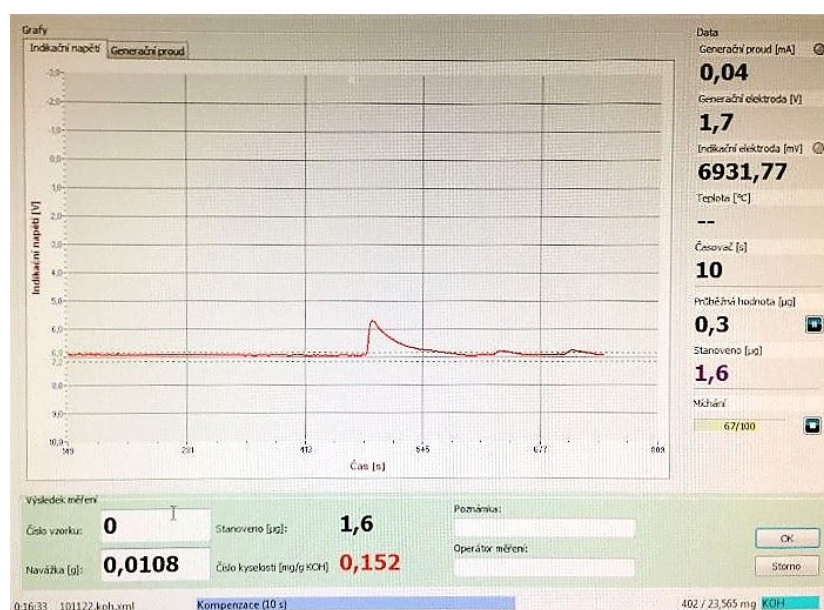
Pro stanovení přesné kyselosti jsem zvolil metodu titrace kyselých sloučenin testovaného výrobku alkoholickým roztokem KOH na barevný indikátor podle ČSN ISO 6618 (ČSN 65 6070).

Nejprve jsem propojil kabely mezi titrační nádobkou a potenciometrem. Odebral jsem malé množství oleje do injekční stříkačky a po zvážení vzorku jsem jeho nepřesné množství vpravil do roztoku v titrační nádobce (obr.31).



obr.31 – metoda titrace na barevný indikátor [autor]

Poté jsem opět zvážil injekční stříkačku a zjištěný rozdíl hmotností jsem po uplynutí času potřebného k vyhodnocení zapsal do programu Diram Measure (obr.32). Hodnota je udána v mg/g^{KOH} . Měření jsem opakoval 3x a z výsledných hodnot vypočítal aritmetický průměr.



obr.32 – Program Diram Measure [autor]

Celkové znečištění

Zjišťování celkového znečištění patří mezi smluvní zkoušky a jeho znázornění závisí na principu používané metody. Zdroje nečistot u hydraulických obvodů dělíme na čtyři kategorie: nečistoty primární, nečistoty z okolí, nečistoty vzniklé z obvodu a nečistoty vzniklé z hydraulické kapaliny.

Metody stanovení znečištění:

- Stanovení mechanických nečistot na membránovém filtru, podle ČSN 65 6220 (podstata metody filtrace).

Princip metody spočívá ve filtraci oleje pomocí podtlaku přes membránový ultrafiltr. Měřeným výsledkem je hmotnost mechanických nečistot v mg na 100 ml vzorku.

- Stanovení kódu čistoty, (metoda kódování úrovně znečištění pevnými částicemi), podle ČSN ISO 4406 (ČSN 65 6206).

- Stanovení kódu čistoty mikroskopem, podle ČSN ISO 4406/87.

- první číslo kódu udává počet částic \geq než 5 $\mu\text{m/ml}$ (stanoví se podle tabulky v normě),
- druhé kódové číslo vyjadřuje počet zjištěných částic \geq 15 $\mu\text{m/ml}$. (stanoví se podle tabulky v normě),
- za druhé kódové číslo se vloží M (mikroskop) nebo AP (automatický čítač) podle zvolené metody určení počtu částic.

- Stanovení kódu čistoty automatickým čítačem částic, podle ČSN ISO 4406/99.

- první číslo kódu udává počet částic \geq 4 $\mu\text{m/ml}$ (stanoví se podle tabulky v normě),
- Druhé kódové číslo udává počet částic \geq 6 $\mu\text{m/ml}$ (stanoví se podle tabulky v normě),
- Třetí kódové číslo udává počet částic \geq 14 (stanoví se podle tabulky v normě). [2]

Zkoušku celkového znečištění jsem prováděl pomocí metody automatického čítače částic, podle ČSN ISO 4406/99.



obr.33 – Stanovení kódu čistoty automatickým počítacem částic [autor]

Rentgenová spektrometrie

Patří mezi speciální metody pro celkovou diagnostiku maziv a zjišťování stavu opotřebení strojních zařízení. Stanovuje celkovou koncentraci jednotlivých kovů obsažených ve vzorku oleje. Určuje veškerou koncentraci prvků periodické soustavy v mazivu.[2]

Pro určení celkového chemického rozboru jsem použil přístroj SPECTRO XEPOS (obr.34).



obr.34 – SPECTRO XEPOS [autor]

7. Výsledky rozboru olejové náplně a následné vyhodnocení

Tab. 6: Výsledky rozboru vzorku č. 5

Vzorek č. 5 - Hydraulický olej DTE 24 HM 32S – referenční		
Typ zkoušky:	Jednotky	Hodnoty
Kinematická viskozita při 40°C	mm ² · s ⁻¹	31,479
Obsah vody	%	0,0022
Kyselost	mg ^{KOH} /g	0,190
Kód čistoty	16/15/13	
Počet částic ve 100ml vzorku	> 2μ	57178
	> 5μ	20007
	> 15μ	5853
	> 25μ	2921
	> 50μ	661
	> 100μ	41

SPECTRO X-LabPro				Job Number: DIPLOMKY 2015	
Sample Name		ZBROJOVKA REFERENCNI HYDRAULIKA	ZBROJOVKA REFERENCNI HYDRAULIKA	4.3.2015 18:02:06	
Description			Method	TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	39,5781	3248ppm	13ppm
16	S	Sulfur	597,3748	256,3ppm	0,5ppm
15	P	Phosphorus	81,1571	80,6ppm	0,5ppm
73	Ta	Tantalum	69,2852	11,3ppm	0,2ppm
27	Co	Cobalt	11,2197	8,0ppm	0,6ppm
24	Cr	Chromium	14,5445	6,4ppm	0,3ppm
72	Hf	Hafnium	19,6111	3,3ppm	0,2ppm
30	Zn	Zinc	49,1215	2,5ppm	0,1ppm
29	Cu	Copper	33,4345	2,4ppm	0,1ppm
25	Mn	Manganese	11,6225	1,7ppm	0,1ppm

obr.35 – Výsledky rentgenová spektrometrie vzorku č. 5 [autor]

Výsledky vzorku č. 5 - Hydraulický olej DTE 24 HM 32S – referenční odpovídají standardním hodnotám.

Tab. 7: Výsledky rozboru vzorku č. 2

Vzorek č. 2 - Hydraulický olej DTE 24 HM 32S – používaný před filtrací		
Typ zkoušky:	Jednotky	Hodnoty
Kinematická viskozita při 40°C	mm ² · s ⁻¹	30,389
Obsah vody	%	0,0047
Kyselost	mg ^{KOH} /g	0,105
Kód čistoty	22/22/20	
Počet částic ve 100ml vzorku	> 2 μ	2863507
	> 5μ	2115096
	> 15μ	774268
	> 25μ	281846
	> 50μ	26485
	> 100μ	1638

SPECTRO X-LabPro			Job Number: DIPLOMKY 2015		
Sample Name		ZBROJOVKA 3	ZBROJOVKA 3	4.3.2015 16:17:10	
Description			Method	TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	37,8053	3099ppm	15ppm
16	S	Sulfur	2009,4182	862,7ppm	1,0ppm
20	Ca	Calcium	47,7447	118,9ppm	0,8ppm
15	P	Phosphorus	94,5776	93,9ppm	0,5ppm
30	Zn	Zinc	319,4314	16,9ppm	0,1ppm
73	Ta	Tantalum	65,5060	10,8ppm	0,2ppm
27	Co	Cobalt	11,0657	8,0ppm	0,6ppm
24	Cr	Chromium	14,2692	6,4ppm	0,3ppm
72	Hf	Hafnium	20,5533	3,5ppm	0,2ppm
29	Cu	Copper	30,2299	2,2ppm	0,1ppm

obr.36 – Výsledky rentgenové spektrometrie vzorku č. 2 [autor]

Vzorek č. 2 - Hydraulický olej DTE 24 HM 32S – používaný před filtrací má dobré výsledky viskozity, obsahu vody i kyselosti. Zkouška kódu čistoty však ukazuje na silné znečištění oleje částicemi nečistot. Použitím rentgenové spektrometrie se získá celkový chemický rozbor vzorku oleje. Přítomnost jednotlivých chemických prvků prozrazuje, kde nastal problém.

Problém je jednoznačný. Do hydraulického oleje se dostává řezný olej, což by se rozhodně nemělo stávat. Důkazem přítomnosti řezného oleje je výskyt velkého množství částic síry, je téměř 3,5 krát vyšší, než u referenčního vzorku hydraulického oleje. Dále se v oleji vyskytuje velké množství vápníku, který v referenčním vzorku hydraulického oleje scházel. Síra napomáhá vytváření kyselin v oleji, ale protože vápník olej neutralizuje, snížila se jeho kyselost.

Tab. 8: Výsledky rozboru vzorku č. 3

Vzorek č. 3 - Hydraulický olej DTE 24 HM 32S – používaný po filtraci		
Typ zkoušky:	Jednotky	Hodnoty
Kinematická viskozita při 40°C	mm ² · s ⁻¹	30,435
Obsah vody	%	0,0042
Kyselost	mg ^{KOH} /g	0,121
Kód čistoty	22/21/17	
Počet částic ve 100ml vzorku	> 2 μ	2473975
	> 5μ	1621717
	> 15μ	88432
	> 25μ	19911
	> 50μ	2446
	> 100μ	151

SPECTRO X-LabPro			Job Number: DIPLOMKY 2015		
Sample Name		ZBROJOVKA 2	ZBROJOVKA 2	4.3.2015 16:22:41	
Description		Method		TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
11	Na	Sodium	37,6139	3406ppm	15ppm
16	S	Sulfur	1281,4010	614,2ppm	0,9ppm
13	Al	Aluminum	39,4525	243,1ppm	2,2ppm
20	Ca	Calcium	50,6183	141,6ppm	1,0ppm
15	P	Phosphorus	85,1099	94,3ppm	0,6ppm
30	Zn	Zinc	228,4304	13,4ppm	0,1ppm
73	Ta	Tantalum	64,4962	11,8ppm	0,2ppm
27	Co	Cobalt	11,5909	9,5ppm	0,7ppm
24	Cr	Chromium	14,4347	7,2ppm	0,4ppm
72	Hf	Hafnium	18,4892	3,5ppm	0,2ppm

obr.37 – Výsledky rentgenová spektrometrie vzorku č. 3 [autor]

Dalším zjištěním zkoušek je skutečnost, že filtrace oleje neposkytuje očekávané výsledky. Po jejím vykonání se nezjistilo zlepšení, jaké filtrace oleji obvykle přináší. Navíc obsah hliníku, který se objevil ve **vzorku č. 3 - Hydraulický olej DTE 24 HM 32S – používaný po filtraci**, je dalším důkazem, že se řezný olej dostává do hydraulického oleje.

Tab. 9: Výsledky rozboru vzorku č. 4

Vzorek č. 4 - Řezný olej CUT OC - referenční		
Typ zkoušky:	Jednotky	Hodnoty
Kinematická viskozita při 40°C	mm ² · s ⁻¹	15,46
Obsah vody	%	0,0429
Kyselost	mg ^{KOH} /g	0,661

SPECTRO X-LabPro				Job Number: DIPLOMKY 2015	
Sample Name		ZBROJOVKA REFERENCNI REZNY		4.3.2015 18:07:38	
Description		Method		TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
16	S	Sulfur	21858,1109	9241ppm	6ppm
20	Ca	Calcium	2309,3676	7147ppm	9ppm
15	P	Phosphorus	366,6520	352,6ppm	1,2ppm
30	Zn	Zinc	3958,7765	301,9ppm	0,5ppm
11	Na	Sodium	4,2371	< 1005ppm	(274)ppm
13	Al	Aluminum	18,5496	47,7ppm	1,5ppm
73	Ta	Tantalum	54,8588	12,9ppm	0,3ppm
27	Co	Cobalt	9,1294	9,1ppm	0,8ppm
24	Cr	Chromium	12,7746	8,1ppm	0,4ppm
19	K	Potassium	3,8878	< 10ppm	(4,5)ppm

obr.38 – Výsledky rentgenová spektrometrie vzorku č. 4 [autor]

Vzorek č. 4 - Řezný olej CUT OC - referenční není založen na bázi vody, patří mezi syntetické oleje, které jsou kvalitnější avšak i dražší. Obsah vody je proto nízký a při průsaku řezného oleje do hydraulického oleje nemá významný vliv na zvýšení obsahu vody.

Síra obsažená v oleji působí jako aditivum, zlepšuje mazání. Lehce naleptává povrch (vytváří oxidy na povrchu kovu) a tento je pak více kluzký.

Tab. 10: Výsledky rozboru vzorku č. 1

Vzorek č. 1 -Řezný olej CUT OC - používaný		
Typ zkoušky:	Jednotky	Hodnoty
Kinematická viskozita při 40°C	mm ² · s ⁻¹	15,26
Obsah vody	%	0,0896
Kyselost	mg ^{KOH} /g	1,072

SPECTRO X-LabPro			Job Number: DIPLOMKY 2015		
Sample Name		Vikotorin zbrojovka 1	Vikotorin zbrojovka 1	28.4.2015 16:36:47	
Description		Method		TurboQuant-OLEJE	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error
13	Al	Aluminum	1390,3079	12110ppm	20ppm
16	S	Sulfur	18369,5626	9574ppm	6ppm
20	Ca	Calcium	1883,8077	7148ppm	10ppm
15	P	Phosphorus	301,2524	356,4ppm	1,3ppm
11	Na	Sodium	4,7995	< 1005ppm	(346)ppm
30	Zn	Zinc	3294,7748	300,0ppm	0,6ppm
19	K	Potassium	16,0401	51,5ppm	0,9ppm
73	Ta	Tantalum	57,2205	14,7ppm	0,4ppm
29	Cu	Copper	84,5889	10,7ppm	0,2ppm
27	Co	Cobalt	8,9493	10,6ppm	0,9ppm

obr.39 – Výsledky rentgenová spektrometrie vzorku č. 1 [autor]

Vzorek č. 1 - Řezný olej CUT OC - používaný je silně znečištěn částicemi hliníku. Obsahuje asi 250 krát více hliníku oproti referenčnímu vzorku řezného oleje. Hliník se do oleje dostává v průběhu třískového obrábění hliníkových obrobků.

Problémy, které jsem při aplikaci tribodiagnostických metod zaznamenal u stroje HYDROMAT HB 45/12, lze ve stručnosti shrnout do několika bodů:

- do řezného oleje se dostávají částice hliníku v důsledku obrábění hliníkových součástí,
- dalším nepříznivým jevem je průnik řezného oleje do hydraulického obvodu, o čemž svědčí přítomnost chemických prvků, které se objevily v používaném hydraulickém oleji v porovnání s referenčním vzorkem hydraulického oleje.
- **vzorek č. 1 - Řezný olej CUT OC - používaný** obsahuje větší množství částic hliníku, síry a vápníku a přesně u těchto prvků byl zaznamenán nárůst u hydraulického oleje.

7.1 Výsledná doporučení

Na základě analýzy vzorků hydraulického a řezného oleje jsem provedl potřebná zhodnocení měření a v soulase s informacemi z odborné literatury si dovoluji pro budoucí provoz a údržbu olejové náplně taktového obráběcího centra HYDROMAT HB 45/12 předložit tato doporučení:

- Jednoznačně nutným doporučením se jeví kontrola těsnění mazací soustavy, gufer, šroubů a dalších míst kudy se může dostávat řezná kapalina do hydrauliky.
- Po určení závadného místa (místa průniku řezného oleje), je třeba odstavit stroj a opravit obvod provozních kapalin s budoucí kontrolou chemického rozboru hydraulické a řezné kapaliny,
- Protože nebyly splněny chemicko-fyzikální parametry a byl zjištěn velký obsah nečistot – kód čistoty 22/21/17 (ČSN ISO 4406) i po přefiltrování olejové náplně, navrhuji výměnu hydraulického oleje.
 - Při výměně hydraulického oleje je třeba dbát na důkladné vyčištění nádrže, dále vyměnit filtry hydraulického agregátu a propláchnout hydraulický uzel.
 - Proplachový olej zcela odstranit a hydraulický uzel pečlivě vysušit.
 - Protože se nezdálo, že úroveň (třída) čistoty požadovaná pro provoz stroje je překročena již u nových olejů v originálních obalech, je jistější a vhodnější naplnit hydraulický agregát pomocí speciálního filtračního agregátu nebo použít filtrační stanici s jemným filtrem.
- Při zjištění zvýšené koncentrace nečistot a kódu čistoty $\geq 19/16/13$ (ČSN ISO 4406) aplikovat by-passovou filtraci.
- Při budoucím provozu zařadit základní zkoušky olejů - při denní kontrole provádět navíc pachovou zkoušku a pomocí detekčního papírku test kyselosti oleje,
- Analýzu hydraulického oleje provádět s půlroční periodou.

8. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo na sledovaném taktovém obráběcím centru HYDROMAT HB 45/12 aplikovat tribodiagnostické metody. Stroj vyrábí automobilové součástky z hliníku ve firmě CZUB. Protože čistota provozních kapalin má zásadní vliv na provoz stroje a jeho spolehlivost, byla jí v podstatě věnována celá praktická část bakalářské práce.

V rámci bakalářské práce jsem odebral vzorky hydraulické a řezné kapaliny, které jsem pak při využití tribodiagnostických metod podrobil rozborům v diagnostické laboratoři. Analýzou mazacích olejů se získávají poznatky nejen o kvalitě a čistotě maziva, její výsledky rovněž poskytují informace o probíhajících dějích ve stroji. Jejich správné vyhodnocení je důležité pro životnost strojů, zabraňuje zbytečným odstávkám výroby a pomáhá optimalizovat plánovanou činnost údržby stroje.

Testy provozní kapaliny stanovily její kinematickou viskozitu, obsah vody, číslo kyselosti a celkové znečištění, rentgenovou spektrometrií se spolehlivě určila přítomnost jednotlivých kovů v mazacím oleji. Pomocí celkového chemického rozboru odebraných vzorků bylo prokázáno, že se do řezného oleje při obrábění hliníkových součástí dostává značné množství hliníku.

Vykonané rozborů a zkoušky dále ukázaly, že řezný olej prosakuje do hydraulického oleje a že se s ním mísí. Tento logický závěr dokazuje přítomnost jistých chemických prvků v použitém hydraulickém oleji v porovnání s referenčním vzorkem téhož maziva. Zvýšený obsah hliníku, síry a vápníku v hydraulickém oleji má nepochybně původ v řezném oleji, neboť právě tento vykazuje vyšší obsah jmenovaných prvků.

Dalším poznatkem vyplývajícím z testování maziv je skutečnost, že filtrace, která se provádí u hydraulického oleje, nefunguje zcela správně. Přefiltrovaný olej nevykazuje taková zlepšení, jaká by se mohla u něj při kvalitní filtraci očekávat.

V závěru praktické části bakalářské práce jsou předložena doporučení, která spočívají v důkladné kontrole těsnění v mazací soustavě stroje, guferu, šroubů a dalších možných míst, v kterých existuje nebezpečí průniku řezné kapaliny do hydrauliky. Po zjištění závadného místa (nebo závadných míst) je nutné odstavit stroj a odstranit důvody úniku provozních kapalin. Dále se navrhuje, aby se při zjištění

zvýšené koncentrace nečistot aplikovala by-passová filtrace. A na konec, k základním zkouškám mazacích olejů připojit při denní kontrole také pachovou zkoušku a zkoušku detekčním papírkem na kyselost oleje. Analýzu hydraulického oleje se navrhuje vykonávat při pravidelném provozu v půlročním intervalu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠTĚPINA, V a V VESELY. 1985. *Maziva v tribologii*. Bratislava: Nakladateľstvo Slovenskej akadémie vied. ISBN 71-059-85.
- [2] HELEBRANT, F, J ZIEGLER a D MARASOVÁ. 2001. *Technická diagnostika I- Tribodiagnostika.: 1. vydání*. Ostrava: Nakladatelství VŠB-TU Ostrava. ISBN 80-7078-883-6.
- [3] ŠAFR, E. 1970. *Technika mazání*. Praha 1: Nakladatelství technické literatury. ISBN 04-010-70.
- [4] ŠTĚPINA, V a V VESELY. 1980. *Maziva a speciální oleje*. Bratislava: Nakladateľstvo Slovenskej akadémie vied. ISBN 71-035-80.
- [5] ŠAFR, E. 1984. *Tribotechnika*. Praha: Nakladatelství technické literatury. ISBN 04-243-84.
- [6] Česká Zbrojovka Uherský Brod [online]. 2009. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: www.czub.cz
- [7] Iteuro: Česká zbrojovka, a.s. [online]. 2014. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.iteuro.cz/reference/ceska-zbrojovka/>
- [8] Česká Zbrojovka Uherský Brod: HISTORIE, PROMĚNY, PROGRAMY [online]. 2009. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.czub.cz/cz/pages/116-historie-promeny-programy.aspx>
- [9] Wikipedia: Česká zbrojovka Uherský Brod [online]. 2015. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cesk%C3%A1_zbrojovka_Uhersk%C3%BD_Brod#/media/File:CeskaZbrojovkaUherskyBrodPanorama.jpg
- [10] PROVOZ, DIAGNOSTIKA A ÚDRŽBA STROJŮ: Tribologie, základní pojmy [online]. 2013. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://interdiago.vsb.cz/kom/upload/12-Provoz,%20diagnostika%20a%20%C3%BAdr%C5%BEba%20stroj%C5%AF%2004.pdf>
- [11] Základní stroj Podklady firmy Česká zbrojovka a.s.
- [12] CZ-AUTO [online]. 2012. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://www.cz-auto.com/>
- [13] Hydromat [online]. 2015. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.hydromat.com/products/hb-45-12.php>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Přehled výrobků obráběných na stroji HYDROMAT HB 45/12

Příloha B: Celkové výsledky rentgenové spektrometrie vzorku č. 1

Příloha C: Celkové výsledky rentgenové spektrometrie vzorku č. 2

Příloha D: Celkové výsledky rentgenové spektrometrie vzorku č. 3

Příloha E: Celkové výsledky rentgenové spektrometrie vzorku č. 4

Příloha F: Celkové výsledky rentgenové spektrometrie vzorku č. 5

Příloha G: Taktové obráběcí centrum HYDROMAT HB 45/12